

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ ΣΤΙΣ  
ΟΡΜΟΝΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ**

του  
Παναγιώτη Τσούκου

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται  
στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων  
απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού  
Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης  
Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και  
του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση  
Μεγιστοποίηση Αθλητικής Επίδοσης ή Απόδοσης

Κομοτηνή  
2013

Εγκεκριμένος από το Καθηγητικό σώμα:

---

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων : Ηλίας Σμήλιος, Λέκτορας

---

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων : Σάββας Τοκμακίδης, Καθηγητής

---

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων : Αντώνης Καμπάς, Αναπλ.Καθηγητής

13366/1

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παναγιώτης Τσούκος: Η επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων στις ορμονικές ανταποκρίσεις σε πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας (Με την επίβλεψη του κ. Ηλία Σμήλιου, Λέκτορα)

Η παρούσα μελέτη εξέτασε τις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης μετά από ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας με μέγιστη και υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Έντεκα άρρενες εκτέλεσαν τρία πρωτόκολλα άσκησης και ένα ελέγχου (4 σετ στην άσκηση κάθισμα και 4 σετ πιέσεις ποδιών, 8 επαν./σετ, φορτίο επιβάρυνσης 10 μέγιστες επαναλήψεις). Το πρώτο πρωτόκολλο εκτελέστηκε με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), το δεύτερο με το 70% του  $V_{max}$  με ίσο όγκο προπόνησης ( $70\%V_{maxIO}$ ) με το  $V_{max}$ , και το τρίτο στο 70% του  $V_{max}$  ( $70\%V_{max}$ ) με υψηλότερο όγκο προπόνησης κατά 10,6% από το  $V_{max}$ . Δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν, αμέσως μετά, 20 και 40 λεπτά μετά από κάθε πρωτόκολλο. Η τεστοστερόνη και αυξητική ορμόνη είχαν υψηλές συγκεντρώσεις ( $p<0,05$ ) μετά από όλα τα πρωτόκολλα άσκησης σε σύγκριση με το πρωτόκολλο ελέγχου. Η αυξητική ορμόνη είχε μικρότερες συγκεντρώσεις μετά το  $V_{max}$  σε σύγκριση με το 70%  $V_{max}$  ( $p<0,05$ ). Από τα πρωτόκολλα άσκησης μόνο στο  $V_{max}$  παρατηρήθηκε ανταπόκριση στην κορτιζόλη, η οποία ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με τα πρωτόκολλα 70%  $V_{maxIO}$  και ελέγχου ( $p<0,05$ ). Συμπερασματικά ένα πρωτόκολλο άσκησης μυϊκής υπερτροφίας που εκτελείται με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, αναπτύσσει ένα υψηλότερο βιολογικό στρες, όπως παρατηρείται από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης. Υπομέγιστες ταχύτητες κίνησης ωστόσο σε συνδυασμό με υψηλότερο όγκο προπόνησης διεγείρει σε μεγαλύτερο βαθμό την απόκριση της αυξητικής ορμόνης, χωρίς να παρατηρούνται συγκεντρώσεις κορτιζόλης, δημιουργώντας πιθανώς ένα ευνοϊκότερο περιβάλλον για μυϊκές προσαρμογές.

**Λέξεις κλειδιά:** μυϊκή υπερτροφία, ορμόνες, δύναμη, ταχύτητα κίνησης

## ABSTRACT

Panagiotis Tsoukos: The effects of movement velocity on hormonal responses after hypertrophy resistance exercise protocol  
(Under the supervision of Dr. Ilias Smilios, Lecturer)

This study examined the effects of maximum and sub-maximum movement velocities after a muscular hypertrophy type resistance exercise protocol on testosterone, hGH and cortisol concentrations. Eleven males performed a control and three resistance exercise protocols (4 sets of squat and 4 sets of leg-press exercises, 8 reps/set, 10-rep maximum load). The first exercise protocol was performed at maximum velocity ( $V_{max}$ ); the second at 70% of  $V_{max}$  with equal training volume ( $70\%V_{maxIO}$ ) to  $V_{max}$ ; and the third at 70% of  $V_{max}$  ( $70\%V_{max}$ ) with a 10.6% higher training volume to  $V_{max}$ . Blood samples were taken before, immediately after, 20 and 40 minutes after the end of any session. Testosterone and hGH increased after all exercise protocols and were higher ( $p < 0.05$ ) vs the control. hGH was lower after  $V_{max}$  vs  $70\%V_{max}$  ( $p < 0.05$ ). Of the exercise protocols, only  $V_{max}$  altered the cortisol response, which was higher vs.  $70\%V_{maxIO}$  and control ( $p < 0.05$ ). In conclusion, a hypertrophy type resistance exercise protocol performed at maximum movement velocity generates a greater biological stress, as evident by a higher cortisol response. Sub-maximum velocity combined with greater training volume, however, stimulates to a greater extent the hGH response with no effect on cortisol creating, possibly, a more favorable physiological milieu for muscular adaptations.

**Key words:** muscle hypertrophy, hormones, strength, movement velocity

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ολοκληρώνοντας ένα ταξίδι στα δύσβατα μονοπάτια της επιστήμης, δε μπορεί παρά να νοιώθεις μια ικανοποίηση. Αυτό το συναίσθημα γίνεται δυνατότερο αναλογιζόμενος ότι πραγματοποιήθηκε ένα όνειρο το οποίο γεννήθηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου έτους των προπτυχιακών σπουδών μου. Ένα όνειρο το οποίο κάποια στιγμή φαινόταν μακρινό λόγω των πολλών υποχρεώσεων με τις οποίες ήμουν επιφορτισμένος. Όπως λέει όμως και ο Coelho, όταν θέλεις κάτι πολύ τότε το σύμπαν συνωμοτεί μαζί σου για να το επιτύχεις. Παρόλο που εκείνο το χιονισμένο πρωινό, όταν για πρώτη φορά έφθανα στην Κομοτηνή είχα πάρα πολλές αμφιβολίες για το εγχείρημα το οποίο ξεκινούσα, τελειώνοντας νοιώθω γεμάτος με νέες δεξιότητες, νέες γνώσεις και το σημαντικότερο πολλές και δυνατές φιλίες τις οποίες θα θυμάμαι σε όλη μου τη ζωή.

Στο εγχείρημα αυτό όμως, όπως και σε καθετί στη ζωή, υπάρχουν κάποιοι των οποίων η βοήθεια, υλική και ηθική, είναι παραπάνω από απαραίτητη για να υλοποιηθούν. Έτσι λοιπόν μέσα από αυτές τις λίγες γραμμές θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε κάποιους ανθρώπους, αν και είναι το λιγότερο που μπορώ να κάνω, χωρίς τη βοήθεια των οποίων δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αυτή η προσπάθεια. Πρώτα στη σύζυγό μου Βερόνικα για την υπομονή της καθώς και στις δύο μου κόρες Μαργαρίτα και Στέλλα για την προσμονή τους όσο καιρό ήμουν μακριά τους. Σε όλους τους αξιολογούμενους που πήραν μέρος σε αυτή τη μελέτη και που έδωσαν πραγματικά τον καλύτερό τους εαυτό για την επιτυχή κατάληξή της. Στο δάσκαλο, Καθηγητή κ. Σάββα Τοκμακίδη με τον οποίο ακόμη και μια απλή συζήτηση κατέληγε σε ένα πραγματικά ενδιαφέρον μάθημα, το οποίο ήταν κάτι μεταξύ επιστήμης και φιλοσοφίας. Το συνάδελφο Στέφανο Κουμπάρακη για την αμέριστη υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια της παραμονής μου στην Κομοτηνή. Το φίλο και συνάδελφο κ. Απόστολο Σπάση, χωρίς τη βοήθεια του οποίου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων η ολοκλήρωση της μελέτης δε θα ήταν εφικτή, αλλά και για όλες τις όμορφες στιγμές που περάσαμε καθόλη τη διάρκεια της διαμονής μου στην Κομοτηνή. Τέλος, δεν υπάρχουν πραγματικά λόγια για να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο μέντορά μου, το δάσκαλό μου, το συνάδελφό μου, το φίλο μου κ. Ηλία Σμήλιο, Λέκτορα, ο οποίος με πήρε από το χέρι και με οδήγησε στους δύσβατους δρόμους της επιστήμης. Ο ιθύνων νους όλης της εργασίας η οποία περιλαμβάνεται στο παρόν πόνημα. Οποιαδήποτε στιγμή και αν

χρειάστηκα βοήθεια ήταν εκεί για να δώσει λύσεις σε οποιοδήποτε πρόβλημα ή απορία είχα.

Τελειώνοντας νοιώθω ότι ίσως και εγώ από την πλευρά μου να πρόσθεσα ένα λιθαράκι στο οικοδόμημα της αθλητικής επιστήμης. Αν τα κατάφερα ή όχι θα το δείξει το μέλλον... και επειδή ξέρω ότι με το σύμπαν θα συνωμοτήσουμε ξανά, θέλω να πιστεύω ότι το ταξίδι συνεχίζεται...

Παναγιώτης Τσούκος

Σεπτέμβριος 2013

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ .....	xiii
Εισαγωγή.....	1
<i>Σκοπός</i> .....	7
<i>Υποθέσεις</i> .....	7
<i>Περιορισμοί της μελέτης</i> .....	8
<i>Λειτουργικοί Ορισμοί:</i> .....	9
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	10
<i>Μηχανισμοί πρόκλησης της μυϊκής υπερτροφίας</i> .....	11
<i>Σχεδιασμός προγράμματος άσκησης με βάρη για μυϊκή υπερτροφία</i> .....	13
<i>Ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την άσκηση με βάρη</i> .....	16
<i>Συγκέντρωση της τεστοστερόνης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν</i> .....	16
<i>Άξονας υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες</i> .....	17
<i>Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με βάρη στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης</i> .....	18
<i>Φύλο</i> .....	26
<i>Ηλικία</i> .....	27
<i>Προπονητικό επίπεδο</i> .....	28
<i>Διατροφή</i> .....	29
<i>Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν</i> .....	29
<i>Άξονας αυξητική ορμόνη – Ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας (IGF-I)</i> .....	30
<i>Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης</i> .....	31
<i>Φύλο</i> .....	35
<i>Ηλικία</i> .....	36
<i>Προπονητικό επίπεδο</i> .....	37
<i>Διατροφή</i> .....	37

<i>Συγκέντρωση της κορτιζόλης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν</i> .....	38
<i>Άξονας υποθάλαμος – υπόφυση – επινεφρίδια</i> .....	39
<i>Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις στη συγκέντρωση της κορτιζόλης</i> .....	39
<i>Φύλο</i> .....	42
<i>Ηλικία</i> .....	43
<i>Προπονητικό επίπεδο</i> .....	44
<i>Διατροφή</i> .....	45
<i>Ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων</i> .....	45
<i>Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων και ορμονικές ανταποκρίσεις</i> .....	47
<i>Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας</i> .....	49
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	51
<i>Δείγμα</i> .....	51
<i>Πειραματικός σχεδιασμός</i> .....	51
<i>Μετρήσεις</i> .....	52
<i>Όργανα μέτρησης</i> .....	53
<i>Πειραματική διαδικασία</i> .....	54
<i>Στατιστική Ανάλυση</i> .....	55
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	57
<i>Περιγραφή στατιστικών αναλύσεων για τις μηδενικές υποθέσεις</i> .....	57
<i>Τεστοστερόνη</i> .....	57
<i>Αυξητική Ορμόνη</i> .....	58
<i>Κορτιζόλη</i> .....	59
<i>Όγκος προπόνησης</i> .....	60
<i>Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων</i> .....	60
<i>Χρόνος τάσης, ισχύς, δύναμη</i> .....	63
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	65
<b>VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	74
<i>Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες</i> .....	75
<b>VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	77
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΝΤΥΠΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	89
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ</b> .....	91



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.</b> Πίνακας ανασκόπησης κυριότερων μελετών άμεσων ορμονικών ανταποκρίσεων.....	22
<b>Πίνακας 2.</b> Χαρακτηριστικά του Δείγματος της μελέτης.....	51
<b>Πίνακας 3.</b> Χρόνος τάσης, συνολικός χρόνος τάσης, ισχύς και δύναμη, ( $x \pm SD$ ) μεταξύ των πρωτόκολλων $V_{max}$ και $70\%V_{maxIO}$ στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του $70\%V_{max}$ στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. (* $p < 0,05$ πρωτόκολλο $V_{max}$ από $70\%V_{max}$ και $70\%V_{maxIO}$ , # $p < 0,05$ πρωτόκολλο $70\%V_{max}$ από $V_{max}$ και $70\%V_{maxIO}$ ).....	63

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.** Ο άξονας υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες (από Kraemer, W.J. & Rogol, A.D. 2005, *The endocrine system in sports and exercise*, UK: Blakwell Publishing)..... 17
- Σχήμα 2.** Ο άξονας GH - IGF I (από Kraemer, W.J. & Rogol, A.D. 2005, *The endocrine system in sports and exercise*, UK: Blakwell Publishing)... 30
- Σχήμα 3.** Άξονας υποθάλαμος - υπόφυση – επινεφρίδια (από Kraemer, W.J. & Rogol, A.D. 2005, *The endocrine system in sports and exercise*, UK: Blakwell Publishing)..... 39
- Σχήμα 4.** Ο πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης. Τα βέλη υποδεικνύουν σε ποιες χρονικές στιγμές λήφθηκαν δείγματα αίματος, κατά τη διάρκεια των πειραματικών συνθηκών και της ελέγχου..... 52
- Σχήμα 5.** Συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, ( $x \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης (70% $V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ (70% $V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο ελέγχου από 70% $V_{max}$ ). 58
- Σχήμα 6.** Συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης, ( $x \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης (70% $V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ (70% $V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο 70% $V_{max}$  από  $V_{max}$ )... 59
- Σχήμα 7.** Συγκεντρώσεις κορτιζόλης, ( $x \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης (70% $V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ (70% $V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο  $V_{max}$  από 70% $V_{maxIO}$ , d  $p < 0,05$  πρωτόκολλο  $V_{max}$  από 70% $V_{max}$ )..... 60
- Σχήμα 8.** Όγκος προπόνησης, ( $x \pm SD$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων  $V_{max}$  (Α) και 70% $V_{maxIO}$  (Β) στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70% $V_{max}$  (Γ) στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. (a  $p < 0,05$

πρωτόκολλο 70%Vmax από Vmax και 70%VmaxIO)..... 61

**Σχήμα 9.** Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, ( $\bar{x} \pm SD$ ) στα πρωτόκολλα Vmax και 70%VmaxIO στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70%Vmax στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. ( $\alpha < 0,05$  πρωτόκολλο Vmax από 70%Vmax και 70%VmaxIO)..... 61

**Σχήμα 10.** Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ως ποσοστό της μέγιστης, ( $\bar{x} \pm SD$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων Vmax και 70%VmaxIO στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70%Vmax στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. ( $\alpha < 0,05$  πρωτόκολλο Vmax από 70%Vmax και 70%VmaxIO) .....62

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

22-kDa	ορμονικό πολυπεπίδιο της αυξητικής ορμόνης
70%VmaxIO	πρωτόκολλο ίσου όγκου με ταχύτητα κίνησης στο 70% της μέγιστης
70%Vmax	πρωτόκολλο με ταχύτητα κίνησης στο 70% της μέγιστης
ACTH	ορμόνη κορτικοτροπίνη
AVP	βασοπρεσίνη
CGB	δεσμευτική σφαιρίνη της κορτιζόλης
CRH	ορμόνη απελευθέρωσης κορτιζόλης
F	Η αναλογία της πραγματικής διακύμανσης πάνω στο σφάλμα της διακύμανσης (σύμβολο της ANOVA)
FSH	θυλακιοτρόπος ορμόνη
GH-IGF I	άξονας αυξητική ορμόνη ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας I
GH	αυξητική ορμόνη
GHRH	ορμόνη απελευθέρωσης αυξητικής ορμόνης
GnRH	ορμόνη απελευθέρωσης γοναδοτροπίνης
GN-N	γονίδιο στο χρωμόσωμα 17
H <sup>+</sup>	ión υδρογόνου (ελεύθερη ρίζα)
IGF-I	ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας I
ΚΝΣ	κεντρικό νευρικό σύστημα
κλπ.	και τα λοιπά
LH	ωχρινοτρόπος ορμόνη
ME	μέγιστες επαναλήψεις
m/sec	μέτρα το δευτερόλεπτο
η <sup>2</sup>	Μέγεθος της επίδρασης
p	Η ικανότητα ενός ελέγχου να απορρίψει τη μηδενική υπόθεση όταν αυτή είναι λανθασμένη

συν.	συνεργάτες
SHBG	δεσμευτική σφαιρίνη ορμονών φύλου
SS	σωματοστατίνη
Vmax	πρωτόκολλο με μέγιστη ταχύτητα κίνησης

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ**

%	ποσοστό επί τοις εκατό
(1/0/1)	ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων σε δευτερόλεπτα σύγκεντρα/ισομετρικά/έκκεντρα
±	συν – πλην
~	περίπου ίσο
'	χρόνος σε λεπτά
□	μεγαλύτερο από
□	μικρότερο από
°	μοίρες



## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΩΝ ΣΤΙΣ ΟΡΜΟΝΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΥΪΚΗΣ ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ

Τις τελευταίες δεκαετίες, παρατηρείται μια αυξανόμενη στροφή, τόσο στο μαζικό όσο και στον αγωνιστικό αθλητισμό, στην προπόνηση δύναμης ή την άσκηση με βάρη. Ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι ξεκινούν την ενασχόλησή τους με αυτή τη μορφή εκγύμνασης για την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης, της λειτουργικής ικανότητας, της μυϊκής τους μάζας ή και τη βελτίωση της τοπικής μυϊκής αντοχής. Στον αγωνιστικό αθλητισμό από την άλλη, η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης και της ισχύος βοηθά στη βελτίωση της αγωνιστικής απόδοσης.

Οι προπονητές και οι γυμναστές, πρέπει να χειριστούν μια σειρά μεταβλητών όταν σχεδιάζουν ένα πρόγραμμα προπόνησης δύναμης, όπως ο όγκος της άσκησης, η ένταση της άσκησης, ο τύπος της μυϊκής δράσης, η επιλογή και η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων, η διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των σετ και των ασκήσεων, η ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων και η συχνότητα προπόνησης στον εβδομαδιαίο κύκλο (Ratamess et al., 2009). Η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, αν και όπως φαίνεται αποτελεί μια σημαντική μεταβλητή στο σχεδιασμό ενός προγράμματος προπόνησης δύναμης, εν τούτοις παραβλέπεται από προπονητές και γυμναστές, όχι σκόπιμα, αλλά λόγω έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού για την παρακολούθησή της. Το πόσο σημαντική μπορεί να είναι η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων το διαπιστώνουμε στη μελέτη των Sakamoto και Sinclair, (2006), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της ταχύτητας κίνησης στη σχέση μεταξύ φορτίου και αριθμού επαναλήψεων στις πιέσεις πάγκου. Διαπίστωσαν ότι υπάρχει μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ έντασης και ταχύτητας. Στο ίδιο ποσοστό έντασης της άσκησης, όσο αυξάνεται η ταχύτητα, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των επαναλήψεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Συνεπώς υποστηρίζουν οι μελετητές, η εκτίμηση της έντασης της προπόνησης με βάση τις τιμές μέγιστων επαναλήψεων, θα πρέπει να διεξάγεται χρησιμοποιώντας μια σχέση που έχει δημιουργηθεί κάτω από παρόμοιες συνθήκες ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων.

Στη βιβλιογραφία η ταχύτητα κίνησης έχει μελετηθεί χρησιμοποιώντας ισοκινητικά δυναμόμετρα, μετρονόμους, χρονόμετρα, δυναμόμετρα και δυναμοδάπεδα (Headley et al., 2010; Goto, Takahashi, Yamamoto & Takamatsa, 2008; Munn, Herbert, Hancock & Gandevia, 2005; Neils, Uderman, Brice, Winchester & McGuigan, 2005; Shepstone et al 2005; Hanter, Seelhorst & Snyder 2003; Farthing & Chilibenk, 2003; Keeler, Finkelstein, Miller & Fernhall, 2001; Morrissey, Harman, Frykman & Hoon Han, 1998; Kanehisa & Miyashita, 1983). Η ακρίβεια όμως της μέτρησης της ταχύτητας με μετρονόμους και χρονόμετρα τίθεται υπό αμφισβήτηση, αφού με τις μεθόδους αυτές η ταχύτητα κίνησης δεν είναι αυστηρά ελεγχόμενη (Pereira & Gomes, 2003). Από την άλλη μεριά, οι μελέτες με ισοκινητικά μηχανήματα, αν και προσφέρουν μια ακριβή μέτρηση της ταχύτητας κίνησης σε όλο το εύρος της κίνησης με σταθερή επιβάρυνση, δεν περιλαμβάνουν την δύναμη της βαρύτητας. Κατά την παραδοσιακή προπόνηση δύναμης, που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην πράξη, η δύναμη της βαρύτητας έχει ως σκοπό την επιβράδυνση της ταχύτητας κίνησης κατά την έκκεντρη φάση, και την υπερνίκησή της κατά τη σύγκεντρη, τροποποιώντας με αυτό τον τρόπο την επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων σε δυναμικές συστολές.

Ένα πρόβλημα που παρατηρείται στη μελέτη των βιβλιογραφικών αναφορών, αφορά το μεγάλο εύρος των ταχυτήτων που έχει εξεταστεί. Από πάρα πολύ αργές, 10 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και 10 δευτερόλεπτα έκκεντρα (Hatfield, Kraemer & Spiering, 2006), έως τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης με βαλλιστική εκτέλεση των επαναλήψεων (Sakamoto & Sinclair, 2006). Επιπλέον, ο όγκος της προπόνησης έχει καθοριστική σημασία στην ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, αφού μια μείωση της τάξης του 30 με 40% στο προπονητικό φορτίο είναι απαραίτητη όταν χρησιμοποιούνται πολύ αργές ταχύτητες (Sakamoto & Sinclair, 2006). Φαίνεται λοιπόν ότι ο όγκος προπόνησης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που μπορεί να εξηγήσει τη μεγάλη διαφορά που υπάρχει στο εύρος των εξεταζόμενων ταχυτήτων εκτέλεσης των επαναλήψεων (Hunter et al., 2003; Keeler et al., 2001). Επίσης παρατηρήθηκε εκτέλεση μικρότερου αριθμού επαναλήψεων και μικρότερη αύξηση του γαλακτικού και της καρδιακής συχνότητας σε αργές σε σχέση με γρηγορότερες ταχύτητες (Hatfield, Kraemer & Spiering, 2006; Hunter, Seelhorst & Snyder, 2003).

Ο Ratamess και συν. (2009) αναφέρουν ότι αν προπονείσαι σε ισοκινητικά μηχανήματα με μέτριες ταχύτητες (180-240°/sec), έχει ως συνέπεια μεγαλύτερη αύξηση της δύναμης απ' ότι η προπόνηση με γρηγορότερες ή πιο αργές ταχύτητες, μετά από ένα πρόγραμμα άσκησης 8 εβδομάδων, ενώ όταν αυτές συνδυάζονται και με έκκεντρες



συσπάσεις προκαλούν και μεγαλύτερη μυϊκή υπερτροφία. Αντίθετα σε δυναμικές συστολές οι γρήγορες ταχύτητες φαίνεται ότι παρέχουν μικρό ερέθισμα, σε σύγκριση με μέτριες και αργές ταχύτητες για την υπερτροφία. Στις οδηγίες όμως αναφορικά με την ταχύτητα που πρέπει να πραγματοποιούνται οι επαναλήψεις τόσο για την ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης όσο και της μυϊκής υπερτροφίας, αναφέρουν ότι αυτή πρέπει να γίνεται από αργή έως και γρήγορη ταχύτητα, για αρχάριους, προχωρημένους και πολύ προχωρημένους.

Με την παραπάνω άποψη, αναφορικά με τα ισοκινητικά μηχανήματα φαίνεται να συμφωνούν και οι Shepston και συν. (2005), καθώς και οι Farthing και Chilibeck, (2003), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι με γρήγορες ταχύτητες και έκκεντρες συσπάσεις παρατηρήθηκε υψηλότερη ανάπτυξη της μυϊκής μάζας και δύναμης, σε σύγκριση με αργές ταχύτητες και σύγκεντρες συσπάσεις. Ο Munn και συν. (2005), διαπίστωσαν ότι σε αγύμναστα άτομα, με δυναμική άσκηση, αυτοί που προπονήθηκαν με γρήγορη ταχύτητα (1/0/1, 1 δευτερόλεπτο η σύγκεντρη φάση, 0 η ισομετρική και 1 η έκκεντρη φάση) η δύναμή τους αυξήθηκε κατά 11% περισσότερο σε σύγκριση με την αργή ταχύτητα (3/0/3) εκτέλεσης. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με το να γυμνάζεσαι γρήγορα, προκαλείς υψηλότερη αύξηση της δύναμης από το να γυμνάζεσαι αργά. Με την άποψη των Munn και συν. (2005) φαίνεται να συμφωνούν και οι Hatfield και συν., (2006), καθώς και ο Morrissey και συν. (1998), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι με τις γρηγορότερες ταχύτητες κίνησης, τα οφέλη σε δύναμη είναι μεγαλύτερα. Αντίθετα οι Neils και συν. (2005) μετά από ένα πρόγραμμα άσκησης διάρκειας 8 εβδομάδων διαπίστωσαν παρόμοια αύξηση της δύναμης όταν η προπόνηση έγινε με την «παραδοσιακή» (2/0/4) και πολλή αργή (10/0/5) ταχύτητα, ενώ μόνο η ισχύς αυξήθηκε μόνο με τη γρηγορότερη ταχύτητα.

Ο Shoenfeld (2010) αναφέρει ότι μέτριες ταχύτητες κίνησης, οι οποίες ενισχύουν τη μυϊκή υποξία και ισχαιμία προκαλούν μεγαλύτερη μυϊκή υπερτροφία, ενώ πάρα πολύ αργές ταχύτητες είναι ανεπαρκές σαν ερέθισμα όταν στόχος είναι η μυϊκή ανάπτυξη. Τέλος ο Nogueira και συν. (2009) έδειξαν ότι σε μεγαλύτερους ηλικιακά άνδρες (69-76 ετών), οι γρηγορότερες ταχύτητες κίνησης (1/0/1) συγκριτικά με πιο αργές (3/0/3), έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην υπερτροφία των άνω και κάτω άκρων. Αυτό αποδίδεται στην αυξημένη στρατολόγηση και κόπωση των μυϊκών ινών ταχείας συστολής.

Μια παράμετρος η οποία πρόσφατα άρχισε να εξετάζεται είναι ο συνολικός χρόνος τάσης του μυός, ο οποίος φαίνεται να επηρεάζει τη μυϊκή υπερτροφία, τη μέγιστη και μέση ισχύ, τη μέγιστη δύναμη και το συνολικό έργο που παράγεται (Mohamad, Cronin & Nosaka 2012). Η ανωτέρω μελέτη δείχνει ότι χρησιμοποιώντας ελαφρότερα φορτία (35%

1ME), εξισωμένο όγκο προπόνησης και γρηγορότερη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων (0,75 έναντι 0,45m/sec) έχει ως αποτέλεσμα παρόμοιες, αν όχι καλύτερες προσαρμογές στην υπερτροφία, συγκρινόμενα με βαρύτερα φορτία (70% 1ME), αφού ο συνολικός χρόνος τάσης τόσο σύγκεντρα (υψηλότερος κατά 24,3%), όσο και έκκεντρα (υψηλότερος κατά 16,7%) είναι υψηλότερος (συνολικές τιμές για όλες τις επαναλήψεις και όλα τα σετ). Άρα, αναφέρουν οι συγγραφείς, όταν το μυϊκό σύστημα βρίσκεται περισσότερο χρόνο κάτω από τάση, και σε συνδυασμό με τις υψηλότερες τιμές δύναμης και έργου που παράγονται με τα ελαφρά φορτία (συνολικές τιμές για όλες τις επαναλήψεις και όλα τα σετ), αυτά μπορεί να αποτελούν βασικούς παράγοντες για την πρόκληση υπερτροφίας, αν συνυπολογίσουμε και τη γρηγορότερη ταχύτητα κίνησης που μπορεί να εφαρμοστεί με τα ελαφρά φορτία.

Με αυτή την άποψη φαίνεται να συμφωνούν και οι Crewther, Cronin και Keogh (2005), οι οποίοι αναφέρουν ότι κατά την εκτέλεση ενός σετ χρησιμοποιώντας ελαφρά φορτία (<45%), παρατηρούνται υψηλότερα κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά όπως συνολική δύναμη, συνολικός χρόνος τάσης, συνολικό έργο και συνολική ισχύς όταν εξισώνεται ο όγκος προπόνησης, σε σύγκριση με βαρύτερα φορτία (>70%). Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το μέγεθος του φορτίου είναι λιγότερο σημαντικό από το συνολικό όγκο του φορτίου που υπερνικάτε για τον καθορισμό της μηχανικής απόκρισης της άσκησης αντιστάσεων. Δηλαδή όταν πραγματοποιείται μια προπόνηση με ελαφρά φορτία, βαλλιστικά για περισσότερες επαναλήψεις, αυτό μπορεί να ενισχύει τη μηχανική απόκριση και να παράγει ένα τέτοιο ερέθισμα, το οποίο είναι απαραίτητο για να προκληθούν προσαρμογές αυξάνοντας τη δύναμη και τη μυϊκή υπερτροφία. Αυτό σε αντίθεση με τα βαρύτερα φορτία στα οποία πραγματοποιούνται λιγότερες επαναλήψεις με πιο αργή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων.

Οι ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την άσκηση αντιστάσεων έχουν μελετηθεί διεξοδικά από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και σήμερα έχουμε αρκετά δεδομένα για το πώς αντιδρά το ενδοκρινικό σύστημα στα διαφορετικά ερεθίσματα που μπορούν να δοθούν με την προπόνησης δύναμης. Μελέτες έδειξαν ότι πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και τοπικής μυϊκής αντοχής προκαλούν υψηλότερες ορμονικές αποκρίσεις στην κυκλοφορία συγκριτικά με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης (McCalley et al., 2009; Crewther, Cronin, Keogh & Cook, 2008; Smilios, Pilianidis, Karamouzis & Tokmakidis, 2003; Hakkinen & Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990). Οι Hakkinen και Pakarinen, (1993) όταν μελέτησαν την επίδραση ενός πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας και ενός μέγιστης δύναμης, διαπίστωσαν σημαντικά υψηλότερες

συγκεντρώσεις τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης, κορτιζόλης και γαλακτικού στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας σε σύγκριση με εκείνο της μέγιστης δύναμης. Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα των McCaulley και συν. (2009) και των Crewther, Cronin, Keogh και Cook, (2008), οι οποίοι εξέτασαν επιπλέον και πρωτόκολλα μυϊκής ισχύος και κατέληξαν ότι στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας παρατηρήθηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης, κορτιζόλης και γαλακτικού συγκριτικά με τα πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος. Τέλος οι Smilios, Pilianidis, Karamouzis και Tokmakidis (2003), καθώς και οι Zafiridis, Smilios, Considine και Tokmakidis (2003), όταν εξέτασαν την επίδραση ενός πρωτοκόλλου τοπικής μυϊκής αντοχής, διαπίστωσαν ότι με αυτό το πρωτόκολλο προκλήθηκαν παρόμοιες και ίσως υψηλότερες συγκεντρώσεις των προαναφερόμενων ορμονών και του γαλακτικού οξέως στην κυκλοφορία συγκριτικά με πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας. Επίσης, στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης παρατηρήθηκε αύξηση των συγκεντρώσεων της αυξητικής ορμόνης και του γαλακτικού. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι ο όγκος προπόνησης φαίνεται να είναι καθοριστικός παράγοντας για αυξημένη ορμονική συγκέντρωση. Μεγαλύτερη ορμονική συγκέντρωση παρατηρείται σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και αντοχής όπου ο όγκος προπόνησης είναι υψηλότερος συγκρινόμενα με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος.

Σημαντική επίσης επίδραση στην ορμονική απόκριση στην άσκηση με αντιστάσεις έχει και η διάρκεια του διαλείμματος. Μείωση της διάρκειας του διαλείμματος προκαλεί υψηλότερες συγκεντρώσεις των ορμονών (Kraemer et al., 1990), ακόμη και αν η ένταση της άσκησης είναι αυξημένη κατά 15% στο πρωτόκολλο με το μεγαλύτερο διάλειμμα (2' έναντι 5') και με εξισωμένο τον όγκο της προπόνησης (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer & Hakkinen, 2005). Η διάρκεια του διαλείμματος επίσης φαίνεται να επηρεάζει και την παραγωγή του γαλακτικού, καθώς μείωση του χρόνου του διαλείμματος προκαλεί υψηλότερη συγκέντρωσή του στην κυκλοφορία. Μάλιστα σε ορισμένες μελέτες παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση της συγκέντρωσης του γαλακτικού με τις συγκεντρώσεις των ορμονών στον ορό, κυρίως της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης (Izquierdo et al., 2009; McCaulley et al., 2009).

Ο αριθμός των σετ που πραγματοποιούνται σε κάθε άσκηση είναι ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τις ορμονικές ανταποκρίσεις. Η αύξηση του αριθμού των σετ που εκτελείται προκαλεί μεγαλύτερη συγκέντρωση της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης και της αυξητικής ορμόνης σε πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής αλλά όχι σε μέγιστης δύναμης (Ratamess et al., 2005; Smilios et al., 2003; Gotshalk et al., 1997). Ωστόσο, η αύξηση του αριθμού των σετ λειτουργεί ως ένα ερέθισμα για υψηλότερη

ορμονική συγκέντρωση στην κυκλοφορία (Smilios et al., 2003). Τέλος παράγοντες όπως η επιλογή των ασκήσεων (McCaulley et al., 2009; Uchida et al., 2009; Crewther et al., 2008), ο αριθμός και η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων (Rønnestad, Nygaard & Raastad, 2001; Hansen, Kvorning, Kjaer & Sjogaard, 2001), το φύλλο (Linnamo et al., 2005; Hakkinen & Pakarinen 1995; Kraemer et al 1993; Kraemer et al 1991), η ηλικία (Smilios, Karamoyzis, Parlavantzas & Tokmakidis, 2007; Kraemer et al., 1999; Kraemer et al., 1998; Hakkinen & Pakarinen, 1995), το προπονητικό επίπεδο (Cadore et al., 2008; Crewther et al., 2006) και η διατροφή (Hoffman et al., 2008; Kraemer et al., 2006) αποτελούν παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τις ορμονικές αποκρίσεις με την άσκηση αντιστάσεων.

Η σχέση μεταξύ ταχύτητας κίνησης και των ορμονικών ανταποκρίσεων έχει μελετηθεί ελάχιστα καθώς στη βιβλιογραφία υπάρχουν μόνο δύο πρόσφατες αναφορές. Ο Headley και συν. (2010) μελέτησαν δύο αργές ταχύτητες, 2 δευτέρα σύγκεντρα και 2 δευτέρα έκκεντρα έναντι 2 δευτέρα σύγκεντρα και 4 δευτέρα έκκεντρα, και διαπίστωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές μόνο στην IGF-I, με διορθωμένο τον όγκο πλάσματος, στο πρωτόκολλο με τη γρήγορη ταχύτητα (2 δευτέρα σύγκεντρα και 2 δευτέρα έκκεντρα). Το γαλακτικό, η αυξητική ορμόνη, η κορτιζόλη και η κρεατινική κινάση δε μεταβλήθηκαν σημαντικά. Τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν φυσιολογικά καθώς ο συνολικός όγκος των προγραμμάτων ήταν μικρός αφού πραγματοποιήθηκαν μόνο 4 σετ στην άσκηση πιέσεις πάγκου. Στο πρώτο σετ εκτελέστηκαν 4 επαναλήψεις στο 55% της 1 ME, στο δεύτερο 5 επαναλήψεις στο 50% της 1 ME, στο τρίτο 6 επαναλήψεις στο 65% της 1 ME, ενώ στο τέταρτο όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούσε ο αξιολογούμενος να εκτελέσει στο 75% της 1 ME. Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρούμε ότι με τη γρηγορότερη ταχύτητα (2/0/2) εκτελέστηκαν περισσότερες επαναλήψεις στο τέταρτο σετ (6,4 έναντι 4,7), καθώς και μεγαλύτερο συνολικό έργο (5987,8 Joule έναντι 5339,5 Joule). Σε άλλη μελέτη ο Goto και συν. (2008) σύγκριναν μια κανονική ταχύτητα (1 δευτερόλεπτο σύγκεντρα και 1 δευτερόλεπτο έκκεντρα) και μια αργή ταχύτητα εκτέλεσης (3 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και 3 δευτερόλεπτα έκκεντρα), και διαπίστωσαν ότι όταν οι εξεταζόμενοι γυμνάστηκαν με την αργή ταχύτητα οι αποκρίσεις νορεπινεφρίνης και της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν σημαντικά υψηλότερες από ότι με τη γρήγορη ταχύτητα, παρόλο που με αυτήν οι αξιολογούμενοι πραγματοποίησαν διπλάσιο όγκο άσκησης σε σύγκριση με την αργή ταχύτητα.

Με βάση τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν επαρκείς αναφορές για το πώς οι ορμονικές αποκρίσεις στην άσκηση με βάρη σχετίζονται με την

ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Πώς η ταχύτητα κίνησης κατά την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου άσκησης με βάρη ενεργοποιούν το ενδοκρινικό σύστημα και ποια είναι εκείνη η ταχύτητα η οποία επιφέρει υψηλότερες συγκεντρώσεις των ορμονών όταν χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας, είναι ερωτήματα τα οποία δεν έχει απαντήσει μέχρι στιγμής η επιστήμη. Οι μέχρι τώρα μελέτες δεν έχουν δώσει ένα σαφή προσανατολισμό, κάτι το οποίο θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο στον αγωνιστικό αθλητισμό. Σε αθλήματα όπως π.χ. οι αθλητικές ρίψεις στις οποίες είναι απαραίτητη η προπόνηση μυϊκής υπερτροφίας, θα ήταν χρήσιμο αντί για αργές ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων να χρησιμοποιούνται γρήγορες οι οποίες φαίνεται να οδηγούν σε μεγαλύτερη μεταφορά των επιδράσεων της προπόνησης στις αθλητικές δραστηριότητες (Crewther et al., 2005).

### **Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει τις διαφοροποιήσεις στις μεταβολές της συγκέντρωσης της τεστοστερόνης, της κορτιζόλη και της αυξητικής ορμόνης, μετά από την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας, με διαφορετικές ταχύτητες κίνησης. Ποιο συγκεκριμένα μετά από εκτέλεση των επαναλήψεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και μετά από εκτέλεση με το 70% της μέγιστης δυνατής ταχύτητας με και χωρίς εξίσωση του όγκου προπόνησης.

### **Υποθέσεις**

Ερευνητικές Υποθέσεις: Οι βασικές ερευνητικές υποθέσεις που θα εξεταστούν στην παρούσα μελέτη είναι:

α) Όλες οι συνθήκες άσκησης θα προκαλέσουν μεγαλύτερη συγκέντρωση των ορμονών τεστοστερόνη, κορτιζόλη και αυξητική ορμόνη αμέσως μετά καθώς και 20 και 40 λεπτά μετά την ολοκλήρωση των πρωτοκόλλων άσκησης καθώς και έναντι της συνθήκης ελέγχου στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

β) Το πρωτόκολλο άσκησης με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων θα προκαλέσει υψηλότερες ορμονικές αποκρίσεις αμέσως μετά, καθώς και 20 και 40 λεπτά μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου συγκριτικά με την εκτέλεση του πρωτοκόλλου με την υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης.

Στατιστικές Υποθέσεις: Οι μηδενικές υποθέσεις με τις αντίστοιχες εναλλακτικές τους που θα εξεταστούν στην παρούσα μελέτη είναι:

- 1α) H0: Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική μεταβολή των συγκεντρώσεων της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης πριν και μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης.
- 1β) H1: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης πριν και μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης.
- 2α) H0: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης αλλά και της συνθήκης ελέγχου στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης.
- 2β) H1: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης αλλά και της συνθήκης ελέγχου στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης.
- 3α) H0: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης αλλά και της συνθήκης ελέγχου σε κάποια χρονική στιγμή στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης.
- 3β) H1: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης αλλά και της συνθήκης ελέγχου σε κάποια χρονική στιγμή στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της κορτιζόλης, και της αυξητικής ορμόνης.

### ***Περιορισμοί της μελέτης***

Τα όρια και οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης είναι τα εξής:

Περιορισμός ως προς την επιλογή του δείγματος: Το δείγμα αποτελούνταν από 11 άρρενες.

Περιορισμός ως προς την ηλικία: Οι δοκιμαζόμενοι που συμμετείχαν ήταν ηλικίας 20 έως 30 ετών.

Περιορισμός ως προς τη φυσική δραστηριότητα: Οι δοκιμαζόμενοι ήταν αθλητικά ενεργοί με προηγούμενη εμπειρία στην προπόνηση δύναμης.

Περιορισμός ως προς τις ασκήσεις: Οι ασκήσεις που περιλαμβάνονται στη μελέτη αφορούν μόνο τα κάτω άκρα και κινητοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες.

Περιορισμός ως προς την ταχύτητα κίνησης: Οι ταχύτητες κίνησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μέγιστες >85% και μέτριες ~70%.

Περιορισμός ως προς το διάλειμμα: Το διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκε μεταξύ των σετ ήταν 3 λεπτά και μεταξύ των ασκήσεων 5 λεπτά.

***Λειτουργικοί Ορισμοί:***

*10 Μέγιστες Επαναλήψεις (ME):* Αποτελεί εκείνη την αντίσταση η οποία επιτρέπει στον δοκιμαζόμενο να εκτελέσει μια σειρά από 10 επαναλήψεις με σωστή τεχνική, αλλά όχι 11.

*Ταχύτητα Εκτέλεσης των Επαναλήψεων:* Η ταχύτητα που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση δυναμικών μυϊκών συστολών.

*Άμεσες Ορμονικές Ανταποκρίσεις:* Αφορούν στις ορμονικές αποκρίσεις που λαμβάνουν χώρα στον οργανισμό του δοκιμαζόμενου κατά την πρώτη ώρα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης.

*Πρωτόκολλα Υπερτροφίας:* Αφορούν στα προγράμματα προπόνησης δύναμης που σκοπό έχουν την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης μέσω της αύξησης της μυϊκής εγκάρσιας διατομής.

*Προπονητικός Όγκος:* Το συνολικό έργο το οποίο εκτελέστηκε σε μία προπονητική μονάδα.

*Χρόνος τάσης του μυός (time under tension):* Είναι ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση της σύγκεντρης και της έκκεντρης φάσης μίας επανάληψης, ή ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης της σύγκεντρης και της έκκεντρης φάσης ενός σετ ή όλων των σετ που πραγματοποιήθηκαν σε μία προπονητική μονάδα. Ο χρόνος αυτός μπορεί να μετράται ξεχωριστά (σύγκεντρη και έκκεντρη φάση) ή συνολικά.

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η προπόνηση δύναμης, με τις διάφορες μορφές της αποτελεί μια δημοφιλή μορφή εκγύμνασης, τόσο στο μαζικό, όσο και τον αγωνιστικό αθλητισμό. Αθλητές αναψυχής, αγωνιστικού αθλητισμού και σωματοδομής ασχολούνται με την άσκηση αντιστάσεων, χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους άσκησης για να αυξήσουν τη μέγιστη δύναμη, την τοπική μυϊκή αντοχή, το μέγεθος της μυϊκής μάζας και την ισχύ τους. Οι μέθοδοι άσκησης με αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε αυτές που επιφέρουν κυρίως: α) νευρομυϊκές προσαρμογές και χαρακτηρίζονται από την άρση βαριών φορτίων ( $\geq 85\%$  της 1ΜΕ) για 2-6 σετ των 1-6 επαναλήψεων, με μεγάλες περιόδους αποκατάστασης (2-5 λεπτά) και με αργή έως μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης, β) μυϊκή υπερτροφία, που χαρακτηρίζονται από μέτρια έως υπομέγιστα φορτία (65-85% της 1ΜΕ) για 3-6 σετ με 6-12 επαναλήψεις με μικρές περιόδους αποκατάστασης (30 δευτ. – 2 λεπτά) και ελεγχόμενης ταχύτητας εκτέλεσης, γ) τοπικής μυϊκής αντοχής, στα οποία εφαρμόζονται ελαφρά ως μέτρια φορτία ( $\leq 65\%$  της 1ΜΕ) με μικρές περιόδους αποκατάστασης (1-2 λεπτά), πολλές επαναλήψεις ( $\geq 12$ ) σε 2-3 σετ με μέτρια ή αργή ταχύτητα κίνησης, και δ) ισχύος, όπου εκτελούνται βαλλιστικές κινήσεις, με ελαφρά φορτία (0-60% της 1ΜΕ) για 3-6 σετ των 2-6 επαναλήψεων και μεγάλες περιόδους αποκατάστασης (2-5 λεπτά). Θα πρέπει, επίσης να αναφερθεί ότι στη βιβλιογραφία αναφέρεται και η προπόνηση δυναμικής ισχύος με βαριά φορτία που φτάνουν το 80-90% της 1ΜΕ για 1-2 επαναλήψεις και 3-5 σετ με το ίδιο διάλλειμα που χρησιμοποιείται και για τα ελαφρά φορτία (Ratamess et al., 2009; Crewther, Keogh, Cronin & Cook, 2006; Kraemer & Ratamess, 2004).

Ανάλογα με το πρόγραμμα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί, θα υπάρξει η ανάλογη καταπόνηση στο μυϊκό σύστημα, και αυτό θα επιφέρει διαταραχή της ομοιοστασίας του οργανισμού. Αποτέλεσμα αυτής, η ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού και ενδοκρινικού συστήματος προκειμένου να επιτευχθεί ισορροπία στην ομοιοστασία του οργανισμού. Η ενεργοποίηση του ενδοκρινικού συστήματος, που θα μας απασχολήσει παρακάτω, ως απάντηση της άσκησης αντιστάσεων εξαρτάται από τη μέθοδο προπόνησης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι μεταβλητές της κάθε μεθόδου, φαίνεται πως ενεργοποιούν περισσότερο ή λιγότερο το ενδοκρινικό σύστημα ως απάντηση στην άσκηση αντιστάσεων,



και έτσι παρατηρούνται υψηλότερες ή χαμηλότερες συγκεντρώσεις των ορμονών στην κυκλοφορία. Έτσι λοιπόν, η συγκέντρωση των ορμονών διαφέρει ανάλογα με τη μέθοδο προπόνησης που χρησιμοποιείται, καθώς επίσης και εντός της ίδιας μεθόδου αν τροποποιηθεί κάποια από τις μεταβλητές της (π.χ. διάλλειμα).

### ***Μηχανισμοί πρόκλησης της μυϊκής υπερτροφίας***

Είναι ευρέως γνωστό ότι η άσκηση αντιστάσεων προκαλεί μυϊκή υπερτροφία μέσω μηχανικών, μεταβολικών και ορμονικών διεργασιών (Ratamess et al., 2009). Η καταπόνηση μέσω της προπονητικής διαδικασίας, στην οποία επέρχεται διαταραχή της δομής του μυϊκού κυττάρου, και η επακόλουθη επιδιόρθωσή του στην αποκατάσταση, μέσω επικράτησης των διαδικασιών της πρωτεϊνοσύνθεσης (πρωτεϊνοσύνθεση > πρωτεϊνόλυση), εκδηλώνεται μακροχρόνια με αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός (μυϊκή υπερτροφία), ενισχύοντας το δυναμικό παραγωγής δύναμης (Crewther et al., 2006). Το ενδοκρινικό σύστημα φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο, μέσω της σύνθεσης και αποικοδόμησης των μυϊκών πρωτεϊνών.

Επαναλαμβανόμενες περίοδοι άσκησης αντιστάσεων έχουν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση πρωτεϊνικής σύνθεσης στα μυοϊνίδια με αύξηση τόσο της επιφάνειας όσο και του αριθμού τους, με την πρόσθεση νηματίων μυσίνης και ακτίνης, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται αλλαγές στη πυκνότητά του. Μόλις η αύξηση υπερβεί αναλογικά ένα μέγεθος, παρατηρείται πολλαπλασιασμός στον αριθμό τους, με μια διάσπασή του σε όλο το μήκος του. Αυτός ο διαχωρισμός είναι μάλλον μια μηχανική διαδικασία, η οποία συμβαίνει από αποκλίσεις στο δικτυωτό σχηματισμό μεταξύ Α και Ι ζώνης. Όταν ένα μυοϊνίδιο φτάσει σε ένα κρίσιμο μέγεθος και ικανότητα παραγωγής δύναμης, ισχυρές συσπάσεις πιστεύεται ότι προκαλούν, σκίσιμο ή διάρρηξη του συνδετικού ιστού στους δίσκους Z, η οποία μεταδίδεται σε όλο το μήκος του μυοϊνιδίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δύο ή περισσότερα μυοϊνίδια ίδιου μήκους (MacDougall, 2003).

Η μυϊκή υπερτροφία μπορεί να συμβεί προσθέτοντας σαρκομέρια στη σειρά ή παράλληλα (Schoenfeld, 2010). Όταν ο σκελετικός μυς υποβληθεί σε ένα ερέθισμα υπερφόρτωσης, αυτό προκαλεί διατάραξη των μυοϊνιδίων και του εξωκυττάρου περιβάλλοντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πυροδότηση μιας αλυσίδας μυογενών γεγονότων που τελικά οδηγούν σε αύξηση του μεγέθους και της ποσότητας των συστατών πρωτεϊνών, ακτίνης και μυσίνης, και του συνολικού αριθμού των παράλληλων σαρκομερίων. Έτσι, αυξάνεται η διάμετρος καθεμιάς μυϊκής ίνας και αυτό

έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός (Toigo & Boutellier, 2006).

Η υπερτροφία σε σειρά μπορεί να συμβεί όταν ο μυς εξαναγκάζεται να προσαρμοστεί σε ένα νέο λειτουργικό μήκος. Αυτό έχει παρατηρηθεί σε άκρα τα οποία μπαίνουν σε γύψο, και των οποίων η ακινητοποίηση των αρθρώσεων σε μεγαλύτερο μυϊκό μήκος, έχει ως αποτέλεσμα, την αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων σε σειρά. Το αντίθετο συμβαίνει εάν η ακινητοποίηση γίνεται σε μικρότερο μυϊκό μήκος όπου ο αριθμός των σαρκομερίων σε σειρά μειώνονται (Toigo & Boutellier, 2006). Υπάρχουν κάποια στοιχεία, ότι συγκεκριμένοι τύποι άσκησης μπορούν να επιδράσουν στον αριθμό των σαρκομερίων σε σειρά. Έχει προταθεί ότι όταν πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενες έκκεντρες κινήσεις, οδηγούν σε μία αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων σε σειρά, ενώ αντίθετα όταν πραγματοποιείται άσκηση με αποκλειστικά σύγκεντρες συστολές, αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια μείωση του μήκους των σαρκομερίων σε σειρά (Shoenfeld, 2010).

Σημαντικό και πιθανώς ουσιώδη ρόλο στη διαδικασία της υπερτροφίας φαίνεται πως έχουν τα μυϊκά δορυφορικά κύτταρα. Τα κύτταρα αυτά παραμένουν αδρανή μέχρι να διαταραχθεί η ομοιόσταση του μυός. Φτάνοντας σε ένα κρίσιμο σημείο, αυτά κινητοποιούνται άμεσα και πολλαπλασιάζονται μέσω της μιτωτικής διαίρεσης. Τα δορυφορικά κύτταρα είναι η πηγή για την προσθήκη νέων πυρήνων στις μυϊκές ίνες καθώς αυξάνονται σε μήκος με την ωρίμανση και την άσκηση αντιστάσεων που σκοπό έχει την υπερτροφία. Σκοπός τους είναι η διατήρηση της φυσιολογικής αναλογίας του κυτταροπλασματικού όγκου και των πυρήνων των μυϊκών κυττάρων, καθώς αυξάνεται το μέγεθος της ίνας επιδιορθώνοντας ή αντικαθιστώντας μυϊκές ίνες, οι οποίες καταστράφηκαν με την προπόνηση (MacDougall, 2003).

Η αύξηση της μυϊκής μάζας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ανταπόκριση κάθε ατόμου στην προπόνηση, την ένταση και τη διάρκεια του προγράμματος άσκησης, και το προπονητικό του επίπεδο. Έτσι με την προπόνηση δύναμης αυξάνεται η εγκάρσια διατομή όλων των τύπων μυϊκών ινών (I και II). Περισσότερο όμως φαίνεται ότι υπερτροφούν οι μυϊκές ίνες τύπου II και αυτό φαίνεται να αντανάκλα μια μεγαλύτερη σχετική συμμετοχή αυτών των υψηλού κατωφλιού κινητικών μονάδων στην άσκηση αντιστάσεων, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην καθημερινότητα. Αυτή η εκλεκτική υπερτροφία των μυϊκών ινών τύπου II, αντιστρέφεται όταν σταματά η προπόνηση και φτάνει στα προ της άσκησης επίπεδα (MacDougall, 2003).

Μία άλλη παράμετρος η οποία έχει προταθεί και αφορά τη μυϊκή υπερτροφία, έχει να κάνει με την υπερπλασία, τον πολλαπλασιασμό δηλαδή των μυϊκών ινών. Υπάρχουν λίγες μελέτες οι οποίες απέδειξαν ότι σε πτηνά πράγματι υπήρξε υπερπλασία των μυϊκών ινών όταν αυτά υποβλήθηκαν σε μηχανική φόρτιση και συγκεκριμένα σε υπερβολική διάταση. Αυτό φάνηκε να είναι το πιο αποτελεσματικό ερέθισμα για να συμβεί υπερπλασία. Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία δε φαίνεται να συμβαίνει κάτι παρόμοιο στους υγιείς ανθρώπους με την προπόνηση αντιστάσεων. Πως λοιπόν μπορεί κανείς να συμβιβάσει αυτά τα αποδεικτικά στοιχεία για την πλούσια υπερπλασία ινών σε ορισμένα είδη ζώων, με την έλλειψη τέτοιων στοιχείων σε ανθρώπους; Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι η υπερπλασία συμβαίνει μόνο όταν υπάρξει υπερβολικά μεγάλη διάταση η οποία προκαλεί μεγάλη επιμήκυνση του μυός, ενώ ένα τέτοιο ερέθισμα δε μπορεί να συμβεί με τη συμβατική προπόνηση αντιστάσεων. Οι περισσότερες ασκήσεις δύναμης ξεκινούν περίπου από το μήκος ηρεμίας του μυός, στη συνέχεια κατά τη φάση της σύγκεντρης φάσης υπάρχει μείωση του μήκους του σαρκομερίου, ενώ στη συνέχεια κατά την έκκεντρη μόνο φάση το σαρκομέριο επιμηκύνεται. Οι περισσότερες ανθρώπινες αρθρώσεις είναι έτσι δομημένες να επιτρέπουν μόνο μια μέτρια επιμήκυνση των σαρκομερίων. Μόνο η ποδοκνημική άρθρωση μπορεί να αποτελέσει εξαίρεση στο ανωτέρω, όμως μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα που να μπορούν να υποστηρίξουν ότι μπορεί να υπάρξει υπερπλασία των μυϊκών ινών στους ανθρώπους (MacDougall, 2003).

#### *Σχεδιασμός προγράμματος άσκησης με βάρη για μυϊκή υπερτροφία*

Κατά το σχεδιασμό ενός προγράμματος για την ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας, πρέπει να γίνει χειρισμός των μεταβλητών της επιβάρυνσης, της έντασης, του όγκου, του διαλείμματος, της ταχύτητας κίνησης, της συχνότητας προπόνησης καθώς και της σειράς και επιλογής των ασκήσεων (Ratamess et al., 2009; Baechle & Earle, 2008; Kraemer & Ratamess, 2004).

Ο αριθμός των επαναλήψεων μπορεί να ταξινομηθεί ως α) μικρός: 1-5 επαναλήψεις, β) μέτριος: 6-12 επαναλήψεις και γ) μεγάλος 15+ επαναλήψεις. Κάθε εύρος επαναλήψεων, περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση διαφορετικών ενεργειακών συστημάτων και επιβαρύνει το νευρομυϊκό σύστημα με διαφορετικούς τρόπους. Η ένταση εκφράζεται ως ποσοστό της 1 μέγιστης επαναλήψεις (1ΜΕ) και ισούται με τον αριθμό των επαναλήψεων που μπορούν να εκτελεστούν σε ένα δοσμένο φορτίο (Shoenfeld, 2010). Είναι γενικά αποδεκτό ότι η ένταση της άσκησης που βελτιώνει τη μυϊκή υπερτροφία κυμαίνεται από το 65% έως το 85% της 1ΜΕ, ενώ ο αριθμός των επαναλήψεων που

πρέπει να πραγματοποιηθούν σε κάθε σετ, κυμαίνεται από 6 έως 12 επαναλήψεις (Shoenfeld, 2010; Ratamess et al., 2009; Baechle & Earle, 2008; Kraemer & Ratamess, 2004).

Ο όγκος μπορεί να οριστεί, ως το γινόμενο του αριθμού των επαναλήψεων σε κάθε σετ, τον αριθμό των σετ και του φορτίου που πραγματοποιήθηκε σε μια προπονητική περίοδο (σετ x επαναλήψεις x φορτίο). Ένα σετ ορίζεται ως ο αριθμός των επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν διαδοχικά χωρίς διάλειμμα (Shoenfeld, 2010; Baechle & Earle, 2008). Το ερέθισμα, για να είναι αρκετό να επιφέρει μυϊκή υπερτροφία απαιτεί ένα πρόγραμμα υψηλού όγκου, το οποίο θα περιλαμβάνει 3 έως 6 σετ για κάθε άσκηση που θα πραγματοποιηθεί (Ratamess et al., 2009; Baechle & Earle, 2008; Kraemer & Ratamess, 2004).

Το διάλειμμα αναφέρεται στο χρόνο που αφιερώνεται για την αποκατάσταση μεταξύ των σετ και των ασκήσεων (Baechle & Earle, 2008). Ο Shoenfeld (2010) ταξινομεί το διάλειμμα που χρησιμοποιείται στην προπόνηση δύναμης σε κατηγορίες: α) μικρό: 30 δευτερόλεπτα ή λιγότερο, β) μέτριο: 60-90 δευτερόλεπτα και γ) μεγάλο: 3 λεπτά ή περισσότερο. Το ιδανικό διάλειμμα για την ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας, φαίνεται πως είναι το μέτριο (60-90 δευτερόλεπτα) το οποίο μπορεί να φτάσει έως τα 2 λεπτά. (Shoenfeld, 2010; Ratamess et al., 2009; Baechle & Earle, 2008; Kraemer & Ratamess, 2004). Οι μικρές περίοδοι αποκατάστασης τείνουν να δημιουργούν σημαντικό μεταβολικό στρες, αυξάνοντας τις αναβολικές διαδικασίες που συνδέονται με την συσσώρευση γαλακτικού (Shoenfeld, 2010).

Η συχνότητα της προπόνησης αναφέρεται στις προπονητικές μονάδες που πραγματοποιούνται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο συνήθως εβδομάδα (Baechle & Earle, 2008). Η συχνότητα της προπόνησης, εξαρτάται κυρίως από το επίπεδο του ασκούμενου. Για αρχάριους προτείνονται 2 με 3 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα, για πιο προχωρημένους 4 προπονητικές μονάδες, ενώ για πολύ προχωρημένους 4 με 6 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα. Συστήνεται να ακολουθείται ένα πρόγραμμα διαχωρισμού των μυϊκών ομάδων (άνω και κάτω άκρων) με εκγύμνασή τους σε διαφορετικές ημέρες, για επαρκή αποκατάσταση του οργανισμού (Ratamess et al., 2009; Baechle & Earle, 2008; Kraemer & Ratamess, 2004).

Η επιλογή και η σειρά των ασκήσεων αναφέρεται στις ασκήσεις οι οποίες θα εκτελεστούν και με ποια σειρά. Ο Ratamess και συν. (2009) προτείνουν πολυαρθρικές και μονοαρθρικές ασκήσεις με ελεύθερα βάρη ή και μηχανήματα για όλους τους ασκούμενους (αρχάριους, προχωρημένους, πολύ προχωρημένους). Θα πρέπει αν είναι δυνατόν να

διαχωρίζονται οι προπονήσεις για άνω και κάτω άκρα σε διαφορετικές προπονητικές μονάδες. Αρχικά να εκτελούνται οι πολυαρθρικές ασκήσεις και μετά οι μονοαρθρικές, οι ασκήσεις που γυμνάζουν μεγάλες μυϊκές ομάδες και μετά αυτές για τις μικρές και οι ασκήσεις υψηλής επιβάρυνσης και μετά η χαμηλής επιβάρυνσης (Kraemer & Ratamess, 2004).

Σχετικά με την ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ο Ratamess και συν. (2009) αναφέρουν ότι πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με την επίδραση της στην υπερτροφία. Έτσι οι ανωτέρω ερευνητές και οι Kraemer και Ratamess (2004) αναφέρουν ότι κατά τη διάρκεια εκτέλεσης πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας χρησιμοποιούνται ταχύτητες αργές, μέτριες και γρήγορες. Ο Shoenfeld (2010) θέτει το ζήτημα της ταχύτητας κίνησης σε επιστημονική βάση, καθώς είναι ο πρώτος που αναφέρει ότι η ταχύτητα με την οποία ένας αθλητής εκτελεί τις ασκήσεις δύναμης μπορεί να έχει επίπτωση στην υπερτροφία. Αναφέρει ότι η ταχύτητα κίνησης σε μελέτες έχει μετρηθεί με ισοκινητικά μηχανήματα, στα οποία παρέχεται αντίσταση δύναμης ενάντια στον αγωνιστή και δεν εξαρτάται από τη βαρύτητα, ενώ η παραδοσιακή προπόνηση δύναμης δεν παρέχει αυτό το ερέθισμα.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι τα ερευνητικά δεδομένα είναι ελλιπή σχετικά με την καταλληλότερη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας, όταν χρησιμοποιούνται ελεύθερα βάρη. Οι λιγιστές μελέτες που υπάρχουν χρησιμοποιούν ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων από πάρα πολύ αργές (10 δευτερόλεπτα σύγκεντρα, 10 δευτερόλεπτα έκκεντρα) έως γρήγορες (1 δευτερόλεπτο σύγκεντρα, 1 δευτερόλεπτο έκκεντρα). Τα αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα, αφού άλλες παρουσιάζουν παρόμοιες αυξήσεις στη δύναμη (Neils, Uderman, Brice, Winchester & Mc Guigan, 2005), σημαντικά υψηλότερες αυξήσεις και με τις δύο ταχύτητες που μελετήθηκαν (αργή – γρήγορη), με μεγαλύτερη αύξηση (11%) στη γρηγορότερη ταχύτητα (Munn, Herbert, Hancock & Gandevia, 2005), ή μεγαλύτερη αύξηση στη δύναμη με τη γρηγορότερη ταχύτητα που εξετάστηκε (Hatfield et al., 2006). Επίσης ο όγκος που χρησιμοποιήθηκε στην πάρα πολύ αργή ταχύτητα ήταν σημαντικά μικρότερος σε σύγκριση με τη γρηγορότερη που εξετάστηκε σε καθεμιά από τις μελέτες, και αυτό μπορεί εν μέρει να εξηγήσει τις διαφορές που παρατηρήθηκαν. Επιπλέον, ένα μειονέκτημα των παραπάνω μελετών ήταν ότι η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων δε ήταν απόλυτα ελεγχόμενη αφού χρησιμοποιήθηκαν μετρονόμοι ή κασέτα για την παρακολούθησή της, η εγκυρότητα και αξιοπιστία των οποίων τίθεται υπό αμφισβήτηση.

### ***Ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την άσκηση με βάρη***

Οι μεταβλητές δόμησης ενός προγράμματος προπόνησης δύναμης όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω επηρεάζουν τις άμεσες μεταβολικές, νευρικές, μυϊκές και καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις κατά την άσκηση αντιστάσεων. Επιδρούν επίσης και στο ενδοκρινικό σύστημα και μέσω του σχεδιασμού ενός κατάλληλου προπονητικού προγράμματος επιτυγχάνονται άμεσες ορμονικές ανταποκρίσεις. Αυτές θα έχουν ως συνέπεια την έναρξη κυτταρικών διεργασιών που θα οδηγήσουν μακροχρόνια, με την επανάληψη του ερεθίσματος σε αυξήσεις στη δύναμη, την ισχύ, την αντοχή και τη μυϊκή μάζα.

Το ενδοκρινικό σύστημα φαίνεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην αποκατάσταση από την προπονητική διαδικασία, συμμετέχοντας στην ανακύκλωση (σύνθεση και αποδόμηση) των μυϊκών πρωτεϊνών (Crewther et al., 2006). Η αναδιαμόρφωση του μυϊκού ιστού, φαίνεται να είναι μια διττή διαδικασία η οποία ξεκινά από τον καταβολισμό κατά τη διάρκεια της άσκησης και τον αναβολισμό στη διάρκεια της αποκατάστασης που οδηγεί σε επιδιόρθωση και ανάπτυξη του (Kraemer & Ratemess, 2005). Στις διαδικασίες του αναβολισμού και του καταβολισμού συμβάλλουν και οι ορμονικές αποκρίσεις που παρατηρούνται στην άσκηση με αντιστάσεις. Μερικές από τις σημαντικότερες ορμόνες που συμβάλλουν στον αναβολισμό και καταβολισμό του μυϊκού ιστού είναι η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη και η κορτιζόλη των οποίων τη μεταβολή με την άσκηση αντιστάσεων θα εξετάσουμε αναλυτικά παρακάτω.

### ***Συγκέντρωση της τεστοστερόνης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν***

Η τεστοστερόνη είναι μια στεροειδής ορμόνη που θεωρείται παραδοσιακά το πρωταρχικό ανδρογόνο. Συντίθεται και εκκρίνεται από τα κύτταρα του Leydig των όρχεων (άρρηνες) μέσω του άξονα, υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες, ενώ ένα μικρό ποσοστό παράγεται επίσης από τις ωοθήκες (θήλυ), τα επινεφρίδια καθώς και από μετατροπή άλλων ανδρογόνων (ανδροστενεδιόνη). Αυτός ο τελευταίος σχηματισμός μαζί με περιφερειακούς μετατροπείς ανδρογόνων είναι η πρωταρχική πηγή της τεστοστερόνης στις γυναίκες και τους νεαρούς εφήβους (Vingren et al., 2010; Crewther et al., 2006).

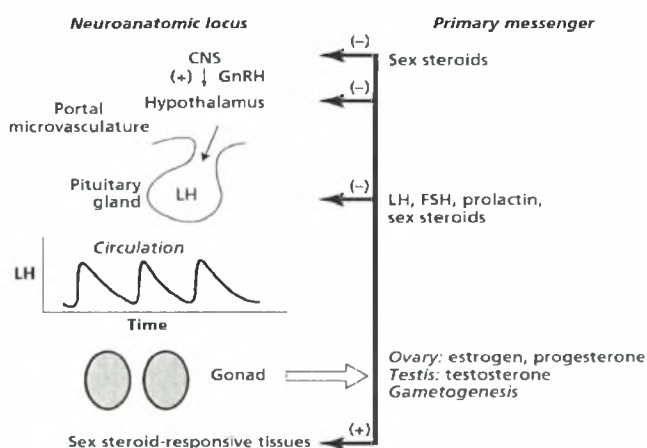
Η τεστοστερόνη συντίθεται με βάση τη χοληστερίνη και δεν κυκλοφορεί ελεύθερα στο πλάσμα. Μεγάλο μέρος της είναι δεσμευμένο, στην αλμπουμίνη (~38%), και τη δεσμευτική σφαιρίνη ορμονών φύλου (SHBG) (~55-60%) ενώ η υπόλοιπη κυκλοφορεί ελεύθερη ή μη δεσμευμένη (~2-5%). Το μη δεσμευμένο στεροειδές αντιπροσωπεύει το

βιολογικά ενεργό κλάσμα που είναι διαθέσιμο για τους ιστούς. Επίσης η τεστοστερόνη που είναι ασθενώς δεσμευμένη με την αλμπουμίνη, μπορεί να καταστεί ενεργή μέσω του ταχέως αποχωρισμού της από αυτήν. Έτσι η δεξαμενή της ελεύθερης και της δεσμευμένης με την αλμπουμίνη τεστοστερόνη συχνά ορίζεται ως «βιοδιαθέσιμο στεροΐδές» (Crewther et al., 2006; MacDougall, 2003), αν και νεότερα δεδομένα προτείνουν ότι και η δεσμευμένη μπορεί να καταστεί βιολογικά ενεργή (Hammes et al., 2005).

### Άξονας υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες

Ο άξονας υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες (σχήμα 2.2), αποτελεί ένα σύστημα που σηματοδοτεί μία αλληλουχία γεγονότων από τον υποθάλαμο στις γονάδες και οδηγεί στην παραγωγή και την έκκριση τεστοστερόνης και εστραδιόλης.

Το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), νευρώνει τον υποθάλαμο και με αυτό τον τρόπο υπάρχει μια άμεση σύνδεση μεταξύ του νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος. Εξειδικευμένοι νευρώνες στον υποθάλαμο μετά από σήμα του ΚΝΣ παράγουν και εκκρίνουν την ορμόνη απελευθέρωσης γοναδοτροπίνης (GnRH). Αυτή οδεύει κατευθείαν μέσω της υποθαλαμικής-υποφυσιακής πυλαίας φλέβας, στον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης όπου διεγείρει την παραγωγή και απελευθέρωση της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LH) καθώς και της θυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH). Οι LH και FSH στη συνέχεια εισάγονται στην κυκλοφορία του αίματος και μεταφέρονται στις γονάδες όπου η LH διεγείρει την παραγωγή τεστοστερόνης στα κύτταρα Leydig για τους άνδρες και στα κύτταρα θήκης των γυναικών. Η FSH δε φαίνεται να έχει κάποια σημαντική επίδραση στην παραγωγή τεστοστερόνης.



Σχήμα 1. Ο άξονας υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες (Kraemer & Rogol, 2005).

Η αρνητική ανατροφοδότηση του άξονα γίνεται από την ίδια την τεστοστερόνη : α) στον υποθάλαμο μειώνοντας την απελευθέρωση GnRH και β) στα γοναδοτροφικά κύτταρα του πρόσθιου λοβού της υπόφυσης μειώνοντας την απελευθέρωση LH και FSH σε απόκριση της GnRH (Vingren et al., 2010; Kraemer & Rogol, 2006; Bores, 2003).

Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί, ότι υπάρχουν πρόσφατα πειραματικά δεδομένα που προτείνουν ότι η έκκριση τεστοστερόνης ρυθμίζεται και από έναν άλλο άμεσο άξονα νευρικής σύνδεσης του εγκεφάλου και των όρχεων μέσω των κατεχολαμινών. Έτσι η επίδραση της τεστοστερόνης μπορεί να παράγεται από δύο μονοπάτια, το αργής απελευθέρωσης του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες, και ενός ταχείας απελευθέρωσης υποθάλαμος-γονάδες (James, Rivier, Lee, 2008; Selvage et al., 2004; Selvage, Rivier, 2003). Το εσωτερικό ερέθισμα που εκκινεί αυτό τον άξονα είναι πολύ-παραγοντικό και έχει να κάνει με α) φλεγμονώδεις μεσολαβητές (κυτοκίνες), β) μεταβολίτες (γαλακτικό), γ) προϊόντα που εκκρίνονται από κύτταρα στόχους (IGF-1), δ) εξωγενή υποστρώματα (γλυκόζη, αμινοξέα) και ε) θυρεοειδικές και επινεφριδιακές προσαρμοστικές στο στρες ορμόνες (θυροξίνη, κορτιζόλη, επινεφρίνη) (Kraemer & Rogol, 2006).

### ***Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με βάρη στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης.***

Το πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις καθώς και οι μεταβλητές της επιβάρυνσης του προγράμματος όπως ο αριθμός και το είδος των ασκήσεων, ο αριθμός των σετ και η διάρκεια του διαλείμματος αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για το μέγεθος της μεταβολής της συγκέντρωσης της τεστοστερόνης στην κυκλοφορία (Πίνακας 1).

*Πρωτόκολλο άσκησης με βάρη:* Πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας, καθώς και αυτά τοπικής μυϊκής αντοχής, προκαλούν συνήθως μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης τεστοστερόνης συγκριτικά με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος (McCalley et al., 2009; Crewther, Cronin, Keogh & Cook, 2008; Smilios, Pilianidis, Karamouzis & Tokmakidis, 2003; Hakkinen & Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990).

Οι Hakkinen και Pakarinen (1993) δε διαπίστωσαν μεταβολή της τεστοστερόνης σε πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης (20 σετ χ 1 επανάληψη χ 100% 1ME) ενώ στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας (10 σετ χ 10 επαναλήψεις χ 70% 1ME) παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση κατά 23,8%. Οι Linnamo, Pakarinen, Komi, Kraemer και Hakkinen (2005) τροποποίησαν την ένταση της άσκησης χρησιμοποιώντας 3 πρωτόκολλα άσκησης. Το



έντονο υπερτροφικό πρωτόκολλο περιελάμβανε 5 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση τις 10ME. Το υπερτροφικό πρωτόκολλο περιελάμβανε 5 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση τις 10 ME, το απλό πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας περιελάμβανε 5 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση το 70% των 10 ME και τέλος το πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος περιελάμβανε και αυτό 5 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση στο 40% των 10 ME. Από τα ανωτέρω τρία πρωτόκολλα άσκησης μόνο με το έντονο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας αυξήθηκαν σημαντικά οι συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, ενώ στα υπόλοιπα δύο δεν παρατηρήθηκε κάποια αλλαγή στη συγκέντρωσή της στην κυκλοφορία. Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα του McCaulley και συν. (2009), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τρία διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, ένα μυϊκής υπερτροφίας το οποίο περιελάμβανε 4 σετ των 10 επαναλήψεων στο 75% της 1ME, ένα μέγιστης δύναμης το οποίο περιελάμβανε 11 σετ των 3 επαναλήψεων στο 90% της 1ME και ένα ισχύος το οποίο περιελάμβανε 8 σετ των 6 επαναλήψεων στο 0% 1ME. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση της τεστοστερόνης μόνο για το πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας (32,3%). Σημαντική παράμετρος της μελέτης αποτελεί και το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε μόνο η άσκηση βαθύ κάθισμα.

Αντίθετα, οι Beaven, Gill και Cook (2008) όταν σύγκριναν τέσσερα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, ένα μυϊκής υπερτροφίας το οποίο περιελάμβανε 4 σετ των 10 επαναλήψεων στο 70% 1ME, ένα μέγιστης δύναμης το οποίο περιελάμβανε 3 σετ των 5 επαναλήψεων στο 85% 1ME, ένα τοπικής μυϊκής αντοχής το οποίο περιελάμβανε 5 σετ των 15 επαναλήψεων στο 55% 1ME και ένα ισχύος το οποίο περιελάμβανε 3 σετ των 5 επαναλήψεων στο 40% 1ME, δε διαπίστωσαν διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης. Οι αξιολογούμενοι στη συγκεκριμένη μελέτη όμως ήταν αθλητές πολύ υψηλού επιπέδου στο αμερικάνικο ποδόσφαιρο (ράγκμπι), ενώ οι ερευνητές διαπίστωσαν σημαντικές ατομικές διαφορές ανάλογα με το πρωτόκολλο άσκησης. Για αυτές τις ατομικές διαφορές οι ερευνητές αναφέρουν ότι μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις προσαρμογές που παρατηρούνται στην άσκηση με βάρη και μπορούν να εξηγήσουν σε ένα βαθμό την μεταβλητότητα που συχνά παρατηρείται σε τέτοιου είδους μελέτες.

Τέλος ο Kraemer και συν. (1991) όταν σύγκριναν ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας το οποίο περιελάμβανε 3 σετ των 10 επαναλήψεων με επιβάρυνση τις 10ME, και ένα πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης, το οποίο περιελάμβανε 5 σετ των 5 επαναλήψεων με επιβάρυνση τις 5ME, διαπίστωσαν σημαντικές μεταβολές στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης σε σχέση με τις πριν την έναρξη της άσκησης τιμές και στα δύο

πρωτόκολλα άσκησης, ενώ διαπιστώθηκαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ των πρωτοκόλλων μόνο κατά την αιμοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του πρωτοκόλλου. Αυτό που προκαλεί σημαντική εντύπωση στη συγκεκριμένη μελέτη, αποτελεί το γεγονός ότι στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας το συνολικό έργο που πραγματοποιήθηκε ήταν σημαντικά υψηλότερο, συγκριτικά με αυτό που πραγματοποιήθηκε στο πρωτόκολλο της μέγιστης δύναμης (60.427 έναντι 49.980 joule).

Πρωτόκολλα τοπικής μυϊκής αντοχής, αυξάνουν τη συγκέντρωση της τεστοστερόνης σε τιμές παρόμοιες ή υψηλότερες από αυτές των πρωτοκόλλων μυϊκής υπερτροφίας (Smilios et al., 2003). Αυτό μπορεί να οφείλεται στις παρόμοιες αυξήσεις του γαλακτικού που παρατηρούνται σε αυτά τα πρωτόκολλα, στο μεγαλύτερο ποσό του έργου που εκτελείται, σε συνδυασμό με μικρότερες περιόδους διαλλείματος μεταξύ των σετ και των ασκήσεων (Crewther et al., 2006).

*Αριθμός των σετ:* Ο αριθμός των σετ φαίνεται να είναι καθοριστικός παράγοντας για τη μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης της τεστοστερόνης. Ο Ratamess και συν. (2004) όταν σύγκριναν την εκτέλεση 1 και 6 σετ, σε ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας, διαπίστωσαν ότι μόνο με τα 6 σετ υπήρξε στατιστικά σημαντική άνοδος των επιπέδων τεστοστερόνης (14%). Το ίδιο παρατηρήθηκε και στη μελέτη του Gotshalk και συν. (1997) που σύγκριναν την εκτέλεση 1 και 3 σετ, και διαπίστωσαν μεγαλύτερη αύξηση της τεστοστερόνης όταν ο όγκος ήταν μεγαλύτερος (3 σετ). Αντίθετα ο Smilios και συν. (2003) όταν σύγκριναν την εκτέλεση 2, 4 και 6 σετ σε κάθε άσκηση, σε πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και μυϊκής υπερτροφίας, δεν παρατήρησαν σημαντική διαφορά στην παραγωγή τεστοστερόνης.

*Διάρκεια του διαλλείματος:* Οι Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer και Hakkinen (2005) εξέτασαν την επίδραση του διαλλείματος μεταξύ των σετ, (5' έναντι 2') σε πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας. Ο όγκος ήταν υψηλότερος κατά 7,5% με το μικρό διάλλειμα αλλά η ένταση ήταν υψηλότερη κατά 22% με το διάλλειμα των 5' καθώς δε χρειάστηκε να μειωθεί το φορτίο για να εκτελεστεί ο προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων σε όλα τα σετ. Διαπίστωσαν σημαντικές αυξήσεις της τεστοστερόνης και στα δύο πρωτόκολλα (31% και 19%).

Οι Kraemer και συν. (1990) όταν εξέτασαν την επίδραση του διαλλείματος σε πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας με 1 και 3 λεπτά μεταξύ των σετ, παρατήρησαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης στις αιμοληψίες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο μέσο του πρωτοκόλλου με διάλλειμα ενός λεπτού, αμέσως μετά, πέντε λεπτά μετά και δεκαπέντε λεπτά μετά την άσκηση. Αντίθετα, εκατόν είκοσι λεπτά

μετά την άσκηση η συγκέντρωση της τεστοστερόνης ήταν σημαντικά υψηλότερη στο πρωτόκολλο με το διάλλειμα των 3 λεπτών.

Οι Rahimi, Qaderi, Faraji και Boroujerdi (2010) μελέτησαν την επίδραση του διαλείμματος όταν αυτό ήταν 60, 90 και 120 δευτερόλεπτα, σε ένα πρωτόκολλο άσκησης με βάρη το οποίο περιελάμβανε 4 σετ στις ασκήσεις βαθύ κάθισμα και πιέσεις πάγκου μέχρι την εξάντληση στο 85% 1ΜΕ. Ο όγκος προπόνησης δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικά στις τρεις περιόδους άσκησης, παρόλο που στις περιόδους με 90 και 120 δευτερόλεπτα διάλλειμα ήταν μεγαλύτερος. Όταν το διάλλειμα ήταν 120 δευτερόλεπτα οι συγκεντρώσεις τεστοστερόνης ήταν στατιστικά υψηλότερες αμέσως μετά την άσκηση καθώς και 30 λεπτά μετά την άσκηση σε σύγκριση με τις τιμές πριν την έναρξη της άσκησης. Στα πρωτόκολλα με τα 60 και 90 δευτερόλεπτα διάλλειμα δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών. Μεταξύ των πρωτοκόλλων παρατηρήθηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης σε αυτά με τα 90 και 120 δευτερόλεπτα διάλλειμα σε σχέση με το πρωτόκολλο των 60 δευτερολέπτων. Τέλος δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων με διάλλειμα 90 και 120 δευτερολέπτων.

Τέλος οι Buresh, Berg και French (2009), πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα 10 εβδομάδων για να συγκρίνουν την επίδραση του διαλείμματος 1 και 2,5 λεπτών στις ορμονικές αποκρίσεις, τη δύναμη και τη μυϊκή υπερτροφία σε απροπόνητους άνδρες. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε δύο περιόδους άσκησης με εκείνο το φορτίο το οποίο προκαλούσε μη συνέχιση της άσκησης μετά το 3 σετ κάθε άσκησης. Η πρώτη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για τα κάτω άκρα τους ώμους και τους κοιλιακούς με 9 ασκήσεις, ενώ η δεύτερη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για το στήθος, την πλάτη και τα άνω άκρα με 7 ασκήσεις συνολικά. Οι δύο περίοδοι άσκησης πραγματοποιούνταν σε δύο διαδοχικές ημέρες. Δείγματα αίματος ελήφθησαν αμέσως μετά την άσκηση την 1<sup>η</sup>, την 5<sup>η</sup>, και τη 10<sup>η</sup> εβδομάδα προπόνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις τεστοστερόνης ήταν σημαντικά υψηλότερες όταν το διάλλειμα μεταξύ των σετ ήταν 1 λεπτό σε σχέση με τα 2,5 λεπτά. Οι διαφορές αυτές όμως μειώθηκαν (μη σημαντική διαφορά) μετά από 5 εβδομάδες και εξαφανίστηκαν μετά από 10 εβδομάδες προπόνησης.

*Επιλογή άσκησης και αριθμός των ασκήσεων:* Η επιλογή της άσκησης για την αύξηση της συγκέντρωσης τεστοστερόνης στην άσκηση με βάρη φαίνεται να αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Σε μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκε μία μόνο άσκηση, σε έξι από αυτές πραγματοποιήθηκε η άσκηση βαθύ κάθισμα (McCaulley et al., 2009; Crewther et al., 2008; Ratamess et al., 2004; Kraemer et al., 1999; Kraemer et al., 1998; Hakkinen &

**Πίνακας 1.** Πίνακας ανασκόπησης κυριότερων μελετών άμεσων ορμονικών ανταποκρίσεων.

ΜΕΛΕΤΗ	ΔΕΙΓΜΑ (Ηλικία)	ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΛΛΕΙΜΑ (λεπτά)	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ (σετλεπαν/ψειχφορτίο)	TST	COR	ΟΡΜΟΝΕΣ (% ή φορές) hGH	LA
Vanhelder et al 1985	5 ΑΑ	1	3'	7x10x80%10RM		↑ ~ 80%		↑ ~ 5,4-φ
Kraemer et al 1990	9 ΑΠ	8	3'	5x5x5RM	↑ ~ 30%		↑ ~ 175%	↑ ~ 300%
				3x10x10RM	↑ ~ 30%		↑ ~ 11-φ	↑ ~ 542%
Kraemer et al 1991	8 ΑΠ	8	3'	3x5x5RM	↑ ~ 28%		♂ ↔	♂ ↑ 230%
				3x10x10RM	♀ ↔		♀ ↔	♀ ↑ 140%
Jensen et al 1991	8 ΓΠ	8	1'	3x10x10RM	♂ ↑ ~ 67%		♂ ↑ 9,2-φ	♂ ↑ 649%
					♀ ↔		♀ ↑ 2-φ	♀ ↑ 457%
Jensen et al 1991	7 ΑΠ	8	2'	3x8x80%1RM	↑ 27%			
Hakkinen and Pakarinen 1993	10 ΑΠ	1	3'	20x1x100%1RM	↔	↔	↑ 361%	↑ 184%
				10x10x70%1RM	↑ 23,8%	↑ 187%	↑ 173-φ	↑ ~ 11-φ
Kraemer et al 1993	9 ΓΠ	8	3'	5x5x5RM	↔	↑ ~ 66%	↔	↑ ~ 300%
				3x10x10RM	↔	↑ ~ 12,0%	↑ ~ 120%	↑ ~ 592%
Hakkinen and Pakarinen 1995	8 ΑΝΑ				↑ ~ 9%	↔	↑ 200-φ	
	8 ΑΜΑ				↑ ~ 15%	↑ 73%	↑ 20-φ	
	8 ΑΗΑ	3	3'	5x10x10RM	↔	↔	↔	
	8 ΓΝΑ				↔	↔	↑ ~ 3-φ	
	8 ΓΜΑ				↔	↔	↑ ~ 22-φ	
	8 ΓΗΑ				↔	↔	↔	
Kraemer et al 1995	8 ΑΠ	8	1'	3x10x10RM			↑ ~ 91,5-φ	↑ ~ 12-φ
Kraemer et al 1996	9 ΑΠ	1	1'	8x10x10RM		↑ 25%		
			3'		↔			

ΜΕΛΕΤΗ	ΔΕΙΓΜΑ (Ηλικία)	ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΛΛΕΙΜΑ (Λεπτά)	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ (σετςεπαν/ψειςφφορτίο)	TST	COR	hGH	LA
Gotshaik et al 1997	8 ΑΠ	8	1'	1x10x10RM	↑ 19%	↑ 7,6%	↑ ~ 4-φ	↑ ~ 5-φ
Kraemer et al 1998	8 ΑΑ 8 ΗΑ	1	1,5'	3x10x10RM 4x10x10RM	↑ 34% ↑ 37,5%	↑ 16% ↑ ~ 43%	↑ ~ 7-φ ↑ ~ 40-φ	↑ ~ 8-φ ↑ ~ 11-φ
Hakkinen et al 1998	10 ΑΝΠ 10 ΑΗΠ	3 ισομετρικά	1'	4x10x100%x5δευτ.	↑ 23%	↑ ~ 38%	↑ 194%	↑ ~ 7-φ
Kraemer et al 1999	8 ΑΝΑ 9 ΑΗΑ	1	1,5'	4x10x10RM	↑ 27% ↑ 18%	↔ ↔	↑ 62-φ ↑ 9-φ	↑ ~ 3-φ ↑ ~ 2-φ
Smilios et al 2003	11 ΑΠ	4	3'	2-4-6x5x88%1RM 2-4-6x10x75%1RM	↔ ↑ 10,8%	↔ ↑ 27,2%	↑ ~ 14-φ ↑ ~ 42-φ	↑ ~ 3,5-φ ↑ ~ 7-φ
Durrand et al 2003	10 ΑΠ	4	1,5'	2-4x15x60%1RM con 4x12x80%1RM ecc 4x12x80%1RM	↑ 22,3% ↑ ~ 22,2%	↑ 29,4%	↑ ~ 68-φ ↑ ~ 38-φ	↑ ~ 8,5-φ ↑ 7-φ
Ahtainen et al 2003	16 ΑΠ	3	2'	4-2x12x12RM	↑ ~ 14%	↑ ~ 66,5%	↑ ~ 28-φ	↑ 1-φ
Zafeiridis et al 2003	10 ΑΠ	4	3' 2'	4x5x88%1RM 4x10x75%1RM	↔ ↑ 32,6%	↔ ↑ 31%	↑ 5-φ ↑ 14-φ	↑ 4,2-φ ↑ 8,4-φ
Ratamess et al 2005	9 ΑΠ	1	2'	4x15x60%1RM 1x10x ~ 80-85%1RM 6x10x ~ 80-85%1RM	↔ ↑ 14%	↔ ↑ 30%	↑ 30-φ	↑ 8,8-φ ↑ 4,8-φ
Ahtainen et al 2005	13 ΑΠ	2	2' 5'	5+4x10x10RM 4+3x10x10RM~+15%ε	↑ 31% ↑ 19%	↑ 41% ↑ 36%	↑ ~ 73-φ ↑ ~ 73-φ	↑ ~ 8-φ ↑ ~ 8-φ
Linnamo et al 2005	8 ΑΠ 8 ΓΠ	3	2'	5x10x10RM 5x10x70%10RM 5x10x40%10RM	♂ ↑ 8,5% ♀ ↔ ↔	↔	♂ ↑ ~ 73-φ ♀ ↑ ~ 4-φ ↔	♂ ↑ ~ 9-φ ♀ ↑ ~ 5-φ ♂ ↑ ~ 4-φ ♀ ↑ ~ 2-φ ♂ ↑ ~ 3,2-φ ♀ ↑ ~ 0,5-φ

ΜΕΛΕΤΗ	ΔΕΙΓΜΑ (Ηλικία)	ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΔΙΑΛΛΕΙΜΑ (Λεπτά)	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ (σετ/επανά/ψευδοφόρτιο)	TST	ΟΡΜΟΝΕΣ (% ή φορές) COR	hGH	LA
Smilios et al 2007	8 ΑΗΠ	6	1,5'	3x15x60%1RM	↑ ~ 21%	↑ ~ 10%	↑ ~ 16-φ	↑ ~ 9-φ
	8 ΑΝΠ				↑ ~ 27%	↑ ~ 7,5%	↑ ~ 80-φ	↑ ~ 11-φ
Crewther et al 2008	11ΑΠ	1	3'	8x6x45%1RM	↔	↔		
			2'	10x10x75%1RM	↑ 70%	↑ 47%		
Cadore et al 2008	10 ΑΠ	4	4'	6x4x88%1RM	↔	↔		
	11 ΑΑ		3'	4x8-15x75-65%1RM	↔	↔		
Izquierdo et al 2009	12 ΑΑ	1	2'	5x10x10RM	↑ ~ 24%	↑ ~ 20%	↑ ~ 5-φ	↑ ~ 9-φ
McCaulley et al 2009	10 ΑΠ	1	5'	11x3x90%1RM	↔	↔		↑ ~ 5-φ
			1,5'	4x10x75%1RM	↑ 32,3%	↑ 12,4%		↑ ~ 7,5-φ
			3'	8x6x0%1RM	↔	↔		↔

↑: σημαντική αύξηση, ↔: όχι σημαντική αύξηση, ↓: σημαντική μείωση, ♂: άνδρες, ♀: γυναίκες, RM: μέγιστες επαναλήψεις, con: σύγκριση, ecc: έκκεντρα, ~+15%ε: περίπου 15% επιπλέον επιβάρυνση, ΑΠ: άνδρες προπονημένοι, ΓΠ: γυναίκες προπονημένες, ΑΝΑ: άνδρες νέοι προπονημένοι, ΑΜΑ: άνδρες μεσήλικες προπονημένοι, ΑΗΑ: άνδρες ηλικιωμένοι προπονημένοι, ΓΝΑ: γυναίκες νέες προπονημένες, ΓΜΑ: γυναίκες μεσήλικες προπονημένες, ΓΗΑ: γυναίκες ηλικιωμένες προπονημένες, ΑΑ: άνδρες αγύμναστοι, ΗΑ: ηλικιωμένοι αγύμναστοι, ΑΗΠ: άνδρες ηλικιωμένοι προπονημένοι, ΑΝΠ: άνδρες νέοι προπονημένοι, ΤΣΤ: τεστοστερόνη, COR: κορτιζόλη, hGH: αυξητική ορμόνη, LA: γαλακτικό οξύ.

Pakarinen, 1993), ενώ σε δύο η άσκηση πιέσεις ποδιών (Izquierdo et al., 2009; Kraemer et al., 1996). Ακόμα στη μελέτη του Ahtiainen και συν. (2005) που χρησιμοποιήθηκαν δύο ασκήσεις αυτές ήταν το βαθύ κάθισμα και οι πιέσεις ποδιών. Στις υπόλοιπες μελέτες παρατηρούμε μια ποικιλία σε ασκήσεις άνω και κάτω άκρων. Από όλες αυτές τις μελέτες παρατηρούμε πως όταν χρησιμοποιήθηκαν ασκήσεις που κινητοποιούσαν τα κάτω άκρα, αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση τεστοστερόνης, ακόμα και όταν εκτελέστηκε μόνο μία άσκηση (McCaulley et al., 2009; Crewther et al., 2008; Ratamess et al., 2004; Kraemer et al., 1999; Kraemer et al., 1998; Hakkinen & Pakarinen, 1993).

Σε μελέτη των Uchida και συν. (2009) στην οποία οι αξιολογούμενοι ήταν στρατιώτες με προηγούμενη εμπειρία στην άσκηση με βάρη, δε διαπίστωσαν σημαντική αύξηση των επιπέδων τεστοστερόνης όταν η μοναδική άσκηση που αξιολογήθηκαν ήταν η άσκηση πιέσεις πάγκου. Οι μελετητές εξήγησαν ότι αυτό πιθανώς να οφείλεται στο σχετικά μικρό συνολικό όγκο προπόνησης που πραγματοποιήθηκε ή τη μικρή μυϊκή μάζα που ενεργοποιήθηκε από την άσκηση που χρησιμοποιήθηκε.

*Σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων:* Αναφορικά με τη σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων που πρέπει να ακολουθηθεί κατά τη διάρκεια της προπόνησης, φαίνεται ότι αρχικά πρέπει να γυμνάζονται οι μεγάλες μυϊκές ομάδες, με πολυαρθρικές ασκήσεις, και να έπονται οι μονοαρθρικές που ενεργοποιούν μικρές μυϊκές ομάδες (Kraemer & Ratamess, 2005). Οι ασκήσεις μεγάλων μυϊκών ομάδων χρειάζονται για να αυξηθεί άμεσα η συγκέντρωση τεστοστερόνης στην κυκλοφορία. Όταν οι ασκήσεις αυτές εκτελούνται στην έναρξη της προπόνησης τότε οι μύες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των επόμενων ασκήσεων πιθανά θα βοηθούν από τις αυξημένες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης (Vingren et al., 2010). Οι ανωτέρω ερευνητές στηρίζουν την άποψή τους στη μελέτη των Hansen, Kvorning, Kjaer και Sjogaard (2001), οι οποίοι μελέτησαν τις ορμονικές ανταποκρίσεις και την ισομετρική δύναμη, αν προπονούνται μόνο τα χέρια (κάμψεις δικεφάλων), ή συνδυασμός πιέσεων ποδιών με κάμψεις δικεφάλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης όταν γυμνάστηκαν πόδια και χέρια μαζί, καθώς και σημαντικά υψηλότερη ισομετρική δύναμη του δικεφάλου βραχιόνιου. Δεν υπήρξαν διαφορές τόσο στις ορμονικές αποκρίσεις όσο και στην ισομετρική δύναμη, όταν εκτελέστηκε η άσκηση μόνο με τα χέρια. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Ronnestad, Nygaard και Raastad (2011), όταν εξέτασαν την εκτέλεση άσκησης μόνο με χέρια ή σε συνδυασμό πρώτα πόδια και μετά χέρια. Στην εν λόγω μελέτη η εγκάρσια διατομή των καμπτήρων του αγκώνα αυξήθηκε σημαντικά όταν κατά τη διάρκεια

εφαρμογής του προγράμματος εκτελούνταν πρώτα άσκηση για τα πόδια και μετά για τα χέρια σε σύγκριση με την εκτέλεση άσκησης μόνο για τα χέρια στο σημείο των καμπτήρων του αγκώνα με τη μεγαλύτερη εγκάρσια διατομή.

*Συμπεράσματα:* Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι πρέπει να υπάρχει ένα κατώφλι σχετικής έντασης και όγκου (συνολικό έργο που εκτελείται), το οποίο πρέπει να επιτευχθεί προκειμένου να υπάρξει απόκριση τεστοστερόνης. Ο Kraemer και συν. (1990) εξέτασαν την επίδραση της μεταβολής της έντασης, διατηρώντας το συνολικό έργο σταθερό και έδειξαν ότι όταν η ένταση μειωνόταν, η απόκριση της τεστοστερόνης μειώνονταν. Όταν ο αριθμός των επαναλήψεων διατηρούνταν σταθερός, υψηλότερη ένταση και υψηλότερος όγκος είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση τεστοστερόνης. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι υψηλή σχετική ένταση από μόνη της δεν επαρκεί, για την απόκριση τεστοστερόνης αν ο συνολικός όγκος του προγράμματος είναι μικρός. Από την άλλη μεριά ακόμη και υψηλός όγκος χωρίς την επίτευξη ενός επιπέδου σχετικής έντασης δε θα επιφέρει την αύξηση της συγκέντρωσης τεστοστερόνης, ως απόκριση στην άσκηση αντιστάσεων (Vingren et al., 2010). Επίσης, σε ένα πρόγραμμα για να αυξηθεί η συγκέντρωση της τεστοστερόνης θα πρέπει να δομείται με ασκήσεις που κινητοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες (Kraemer & Ratamess, 2005). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού μυϊκής μάζας και την πρόκληση υψηλότερων αποκρίσεων της τεστοστερόνης στην άσκηση αντιστάσεων (Vingren et al., 2010). Ακόμη, θα ήταν καλύτερα να εκτελεστούν πρώτα οι ασκήσεις που γυμνάζουν μεγάλες μυϊκές ομάδες, για να αυξηθεί η ορμονική συγκέντρωση, και να ακολουθούν αυτές που γυμνάζουν μικρές μυϊκές ομάδες.

### **Φύλο**

Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης δε φαίνεται να μεταβάλλεται στις γυναίκες (Πίνακας 1) ως απόκριση στην άσκηση με βάρη (Linnamo et al., 2005, Hakkinen & Pakarinen, 1995, Kraemer et al., 1993, Kraemer et al., 1991). Οι διαφορές αυτές μπορούν να αποδοθούν στους μηχανισμούς παραγωγής και απελευθέρωσης των ανδρογόνων. Στους άνδρες η ωχρινοτρόπος ορμόνη (LH) διεγείρει τα κύτταρα του Leydig των όρχεων να συνθέσουν και να εκκρίνουν σχετικά μεγάλες ποσότητες τεστοστερόνης στην κυκλοφορία του αίματος τόσο στην ηρεμία όσο και ως απάντηση στη φυσική δραστηριότητα. Επιπλέον, πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι πρέπει να υπάρχει και ένας μηχανισμός ταχείας απελευθέρωσης τεστοστερόνης, ο υποθάλαμος-γονάδες που επίσης μπορεί να συμβάλλει στην υψηλότερη έκκριση τεστοστερόνης στους άντρες (James, Rivier, Lee, 2008; Selvage



et al., 2004; Selvage, Rivier, 2003). Αντίθετα στις γυναίκες οι ωθήκες και τα επινεφρίδια παράγουν αρκετά μικρότερες ποσότητες τεστοστερόνης (Crewther et al., 2006).

### *Ηλικία*

Σε νεαρούς άνδρες φαίνεται ότι η αύξηση της τεστοστερόνης είναι υψηλότερη από τους ηλικιωμένους (Πίνακας 1) μετά από άσκηση στο ίδιο σχετικό φορτίο (Smilios, Pilianidis, Karamouzis, Parlavantzas & Tokmakidis, 2007, Kraemer et al., 1999, Kraemer et al., 1998, Hakkinen & Pakarinen, 1995). Ο Smilios και συν. (2007) μελέτησαν την επίδραση ενός προγράμματος άσκησης αντιστάσεων μυϊκής αντοχής στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης σε νέους (ηλικίας  $23,5 \pm 1$  έτος) και ηλικιωμένους (ηλικίας  $69 \pm 5$  έτη). Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 6 ασκήσεις από 3 σετ των 15 επαναλήψεων με επιβάρυνση το 60% της 1ΜΕ και 1,5 λεπτό διάλλειμα μεταξύ των σετ. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι στους νέους άνδρες η συγκέντρωση της τεστοστερόνης αυξήθηκε κατά 27% ενώ στους ηλικιωμένους αυξήθηκε 21%, χωρίς, ωστόσο, να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Από την άλλη ο Kraemer και συν. (1998) χρησιμοποίησε ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας όπου εκτελέστηκαν 4 σετ των 10 επαναλήψεων με φορτίο 10ΜΕ και 1,5 λεπτό διάλλειμα στην άσκηση βαθύ κάθισμα από νέους ( $29 \pm 5$  ετών) και ηλικιωμένους ( $62 \pm 3,2$  ετών) αγύμναστους άνδρες. Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης αυξήθηκε κατά 37,5% στους νέους και κατά 23% στους ηλικιωμένους με τις διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων να είναι σημαντικές 5, 15 και 30 λεπτά μετά την άσκηση. Παρόμοια με τα ανωτέρω είναι και τα αποτελέσματα των Hakkinen, Pakarinen, Newton και Kraemer (1998) που μελέτησαν τη συγκέντρωση της τεστοστερόνης σε νέους ( $26 \pm 4,8$  ετών) και ηλικιωμένους προπονημένους άνδρες ( $70 \pm 3,7$  ετών). Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 ασκήσεις και σε κάθε άσκηση 4 σετ των 10 ισομετρικών συσπάσεων στο 100%, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, διάρκειας 5 δευτερολέπτων, με 1 λεπτό διάλλειμα μεταξύ των σετ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στους νέους υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση της τεστοστερόνης τόσο στις ασκήσεις για τα άνω όσο για τα κάτω άκρα, αλλά και στο σύνολο (αύξηση 27%), ενώ στους ηλικιωμένους υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση μόνο στις ασκήσεις για τα κάτω άκρα (αύξηση 18%).

Οι μειώσεις στη δραστηριότητα των ανδρογόνων με την αύξηση της ηλικίας οδηγεί σε απώλεια μυϊκής μάζας, που έχει σα συνέπεια αντίστοιχες μειώσεις στη δύναμη και την ισχύ. Προτεινόμενοι μηχανισμοί γι' αυτές τις αλλαγές περιλαμβάνουν αστοχία ή βλάβη στον άξονα υποθάλαμος – υπόφυση – γονάδες, αλλαγές στη λειτουργία των όρχεων, αύξηση των επιπέδων της SHBG και αυξημένη ευαισθησία στην έκκριση γοναδοτροπινών

για την αναστολή της αρνητικής ανατροφοδότησης των ανδρογόνων (Crewther et al., 2006).

### *Προπονητικό επίπεδο*

Το προπονητικό επίπεδο ή εμπειρία εμφανίζεται σαν ένας σημαντικό παράγοντας που ρυθμίζει την ανταπόκριση της τεστοστερόνης στην προπόνηση αντιστάσεων (Crewther et al., 2006). Στη μελέτη των Cadore και συν. (2008) προπονημένοι και απροπόνητοι μεσήλικες ( $40,6 \pm 4$  ετών) εκτέλεσαν 4 φορές από 2 σούπερ σετ που το καθένα περιελάμβανε 2 ασκήσεις (συνολικά 16 σετ). Το πρώτο σούπερ σετ περιελάμβανε πιέσεις πάγκου και έλξεις μπάρας από πάγκο. Η ένταση των ασκήσεων ήταν 75% της 1ΜΕ και οι αξιολογούμενοι εκτέλεσαν 8 επαναλήψεις. Στο δεύτερο σούπερ σετ πραγματοποιήθηκαν βαθιά καθίσματα (8 επαναλήψεις στο 75% της 1ΜΕ) και πιέσεις ποδιών (15 επαναλήψεις στο 65% της 1ΜΕ). Το διάλλειμα μεταξύ των σούπερ σετ ήταν 3 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στους απροπόνητους η τεστοστερόνη αυξήθηκε κατά περίπου 27%, ενώ στους προπονημένους δεν υπήρξε σημαντική απόκριση. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν ενδείξεις μιας μόνο μελέτης, και οι μελετητές αναφέρουν ότι οι μακροχρόνια προπονημένοι άνδρες φαίνεται να χρειάζονται έναν υψηλότερο όγκο προπόνησης, το λιγότερο παρόμοιο με την ημερήσια προπόνησή τους, για την πρόκληση μεγαλύτερων ορμονικών αποκρίσεων.

Ο Crewther και συν. (2006) αναφέρουν ότι οι προπονημένοι άνδρες, και μάλιστα οι αθλητές συγκεντρώνουν στην κυκλοφορία υψηλότερες ποσότητες τεστοστερόνης μετά από προπόνηση αντιστάσεων απ' ότι μη αθλητές. Οι Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer και Hakkinen (2004), χρησιμοποίησαν δύο ομάδες των 8 ατόμων, προπονημένων και απροπόνητων στην άσκηση αντιστάσεων, οι οποίοι εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας των 4 σετ των 12 επαναλήψεων (12ΜΕ), με διάλλειμα 2 λεπτά, δύο φορές. Την πρώτη φορά οι επαναλήψεις πραγματοποιήθηκαν κανονικά (12) ενώ στην επόμενη η επιβάρυνση ήταν μεγαλύτερη, έτσι ώστε κάθε αξιολογούμενος να είναι σε θέση να εκτελέσει μόνος τις 8 από τις 12 επαναλήψεις και τις υπόλοιπες 4 με βοήθεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προπονημένοι στη δύναμη είχαν σημαντικά υψηλότερες αποκρίσεις τεστοστερόνης και στις δύο συνθήκες από τους μη προπονημένους στη δύναμη. Σα μηχανισμό αυτής της μεγαλύτερης έκκρισης, προτείνουν την αυξημένη ευαισθησία του άξονα υποθάλαμος – υπόφυση – όρχεις με προπόνηση αντιστάσεων.

Αντίθετα και μάλλον αντιφατικά είναι τα αποτελέσματα που έδειξαν οι Trembley, Copeland και Van Helder (2004), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τρεις ομάδες

αξιολογούμενων, προπονημένων και απροπόνητων στην άσκηση αντιστάσεων και προπονημένων σε αθλήματα αντοχής. Μετά την προπόνηση αντιστάσεων οι συγκεντρώσεις ολικής τεστοστερόνης ήταν υψηλότερες στους απροπόνητους αξιολογούμενους, ενώ στους προπονημένους στη δύναμη και αντοχή δεν παρουσίασαν μεταβολή. Αντίθετα στην ελεύθερη τεστοστερόνη δεν παρατηρούνται μεταβολές στους απροπόνητους αξιολογούμενους, ενώ αντίθετα παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωσή της, στους προπονημένους αξιολογούμενους στη δύναμη.

Πάντως η σύγκριση προπονημένων και απροπόνητων ατόμων αποτελεί δύσκολο εγχείρημα γιατί το ερέθισμα που θα πρέπει να δεχθούν προπονημένοι για να υπάρξει απόκριση τεστοστερόνης θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο. Το ίδιο ερέθισμα, πολύ πιθανόν να είναι πολύ υψηλό και δε θα μπορούν να το δεχθούν απροπόνητα άτομα. Όπως αναφέρει ο Cadore και συν. (2008), ένας πολύ υψηλός όγκος προπόνησης σε απροπόνητους μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη διέγερση της αύξησης καταβολικών ορμονών.

### *Διατροφή*

Τα συμπληρώματα διατροφής φαίνεται ότι δεν παρέχουν επιπλέον όφελος στην απόκριση τεστοστερόνης μετά από άσκηση αντιστάσεων. Σε τρεις μελέτες που χρησιμοποίησαν συμπληρώματα διατροφής με αμινοξέα (Kraemer et al., 2006), συνδυασμό αμινοξέων με εργογόνες ουσίες (Hoffman et al., 2008), και καρνιτίνη (Kraemer et al., 2006), οι άμεσες ορμονικές αποκρίσεις μετά από άσκηση δύναμης δε διέφεραν σημαντικά από αυτές που χρησιμοποιήθηκε μια αδρανής ουσία. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι συμπληρώματα διατροφής δε φαίνεται να ευνοούν την απόκριση της τεστοστερόνης στο ερέθισμα της προπόνησης δύναμης.

### *Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν*

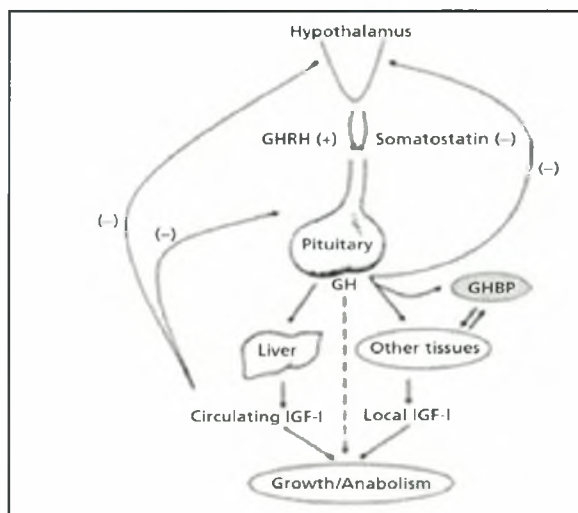
Η αυξητική ορμόνη γνωστή και ως σωματοτροπίνη, είναι μια ακόμη ισχυρή αναβολική ορμόνη που επηρεάζει την ανάπτυξη του μυϊκού ιστού (Crewther et al., 2006). Είναι ένα πεπτίδιο που συντίθεται και απελευθερώνεται με παλμικό τρόπο από τα οξειφιλικά κύτταρα του πρόσθιου λοβού της υπόφυσης. Τα κύτταρα αυτά συνθέτουν και εκκρίνουν επίσης όλη την οικογένεια των πολυπεπτιδίων της αυξητικής ορμόνης (GH) (Kraemer & Ratamess, 2005; Kraemer & Mazzeti, 2003). Η κύρια κυκλοφορούσα ισομορφή της αυξητικής ορμόνης (1-191 αμινοξέα) είναι το 22-kDa ορμονικό

πολυπεπίδιο που προέρχεται από το GN-N γονίδιο στο χρωμόσωμα 17 και εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης (Kraemer & Mazzeti, 2003). Το 22-kDa ορμονικό πολυπεπίδιο είναι αυτό το οποίο συχνότερα αξιολογείται στις μελέτες που αφορούν ορμονικές ανταποκρίσεις με την άσκηση (Crewther et al., 2006).

Γενικά, η έκκριση της αυξητικής ορμόνης ακολουθεί ένα κιρκάδιο ρυθμό και εκκρίνεται σε 6-12 παλμούς ανά ημέρα, με τον μεγαλύτερο να παρατηρείται μια ώρα μετά την έναρξη του νυκτερινού ύπνου. Υπάρχουν αρκετά ερεθίσματα που μπορεί να προκαλέσουν έκκριση της αυξητικής ορμόνης, με τα πιο ισχυρά μη φαρμακολογικά να είναι ο ύπνος και η άσκηση. Η αυξητική ορμόνη έχει αποδειχθεί ότι έχει μια πληθώρα ρόλων. Η ανάπτυξη αυτή καθ' εαυτή, που περιλαμβάνει την ανακύκλωση των πρωτεϊνών στο μυ και του κολλαγόνου των οστών σε όλη τη διάρκεια ζωής του οργανισμού. Επίσης τη ρύθμιση επιλεγμένων πτυχών της μεταβολικής λειτουργίας, που περιλαμβάνει τον αυξημένο μεταβολισμό των λιπών, καθώς και τη διατήρηση μιας περισσότερο υγιούς σύστασης σώματος στη ζωή (Godfrey, Madgwich & Whyte, 2003).

### **Άξονας αυξητική ορμόνη – Ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας (IGF-I)**

Ο άξονας αυξητική ορμόνη – ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας (IGF-I) είναι αυτός που είναι υπεύθυνος για την έκκριση αυξητικής ορμόνης, καθώς και των ινσουλινόμορφων αυξητικών παραγόντων (IGF). Ο άξονας αυτός (σχήμα 2.3) ξεκινά από το κεντρικό νευρικό σύστημα, όπου διάφοροι νευροδιαβιβαστές διεγείρουν τον υποθάλαμο να συνθέσει την ορμόνη απελευθέρωσης της αυξητικής ορμόνης (GHRH), καθώς και τη



**Σχήμα 2.** Ο άξονας GH - IGF I (Kraemer & Rogol, 2005).

σωματοστατίνη (SS). Η GHRH διεγείρει τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης να συνθέσει και να εκκρίνει αυξητική ορμόνη. Σε αντίθεση η SS αναστέλλει άμεσα την έκκριση. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η GHRH είναι η γενεσιουργός αιτία αύξησης της αυξητικής ορμόνης, ενώ η SS ο ανασταλτικός μηχανισμός έκκρισής της σε επίπεδο εγκεφάλου. Στη συνέχεια η αυξητική ορμόνη εισέρχεται στην κυκλοφορία, και μία από τις

σημαντικότερες δράσεις της είναι η διέγερση της υπατικής σύνθεσης του ινσουλινόμορφου αυξητικού παράγοντα (IGF-1) (Crewther et al., 2006; Kraemer & Rogol, 2006).

Ποιο είναι όμως το ερέθισμα εκείνο που ενεργοποιεί τον άξονα GH-IGF-I; Οι Godfrey, Madgwick και Whyte (2003), αναφέρουν ότι παρόλο που είναι γνωστό πως η άσκηση προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης αυξητικής ορμόνης, οι ακριβείς μηχανισμοί με τους οποίους αυτό συμβαίνει παραμένουν άγνωστοι, ενώ ένας αριθμός υποψήφιοι μηχανισμών έχει προταθεί. Αυτοί περιλαμβάνουν, νευρική διέγερση, ανατροφοδότηση από την απελευθέρωση IGF παραγόντων, άμεση διέγερση από κατεχολαμίνες, γαλακτικό ή και νιτρικό οξείδιο, και αλλαγές στην οξεοβασική ισορροπία. Από αυτούς, οι πιθανότεροι μηχανισμοί φαίνεται πως είναι η κεντρομόλος νευρική διέγερση, το νιτρικό οξείδιο και το γαλακτικό.

#### ***Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης***

Όπως και με την τεστοστερόνη, το πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις καθώς και οι μεταβλητές της επιβάρυνσης του προγράμματος (αριθμός και είδος των ασκήσεων, αριθμός των σετ και διάρκεια του διαλείμματος) αποτελούν σημαντική παράμετρο για το μέγεθος της μεταβολής της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης στην κυκλοφορία (Πίνακας 1).

*Πρωτόκολλο άσκησης:* Προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας, έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες εκκρίσεις αυξητικής ορμόνης, συγκρινόμενα με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης, και ισχύος (Πίνακας 1, Zafeiridis, Smilios, Considine & Tokmakidis, 2003; Smilios et al., 2003; Hakkinen & Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1993; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990). Οι Hakkinen και Pakarinen (1993), όταν σύγκριναν ένα πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης, που περιελάμβανε την άσκηση βαθύ κάθισμα με 20 σετ της 1 επανάληψης, με επιβάρυνση το 100% της 1ΜΕ και διάλειμμα 3 λεπτά, και ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας με 10 σετ των 10 επαναλήψεων με επιβάρυνση τις 10ΜΕ και διάλειμμα 1 λεπτό, διαπίστωσαν αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης και στα δύο πρωτόκολλα, με το πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας όμως να παρουσιάζει αύξηση η οποία έφτασε περίπου τις 173 φορές σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Σε αντίθεση στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης παρουσιάστηκε αύξηση της τάξης του 361% περίπου σε σχέση με την τιμή ηρεμίας. Παρόμοια ευρήματα παρουσιάζει και μελέτη του Kraemer και συν. (1990).

Αντίθετα, ο Kraemer και συν. (1992) όταν σύγκριναν παρόμοια πρωτόκολλα άσκησης μέγιστης δύναμης και υπερτροφίας, με 5 σετ των 5 επαναλήψεων και επιβάρυνση τις 5 ΜΕ με διάλειμμα 3 λεπτά, και 3 σετ των 10 επαναλήψεων με επιβάρυνση τις 10 ΜΕ και διάλειμμα 1 λεπτό, διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της αυξητικής ορμόνης μόνο στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας ενώ δεν παρουσιάστηκε μεταβολή της συγκέντρωσης στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης.

Επίσης, πρωτόκολλα ανάπτυξης της τοπικής μυϊκής αντοχής παράγουν με τη σειρά τους υψηλότερες αποκρίσεις αυξητικής ορμόνης από εκείνα για την ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας (Zafeiridis et al., 2003, Smilios et al., 2003). Στις μελέτες τόσο του Smilios και συν. (2003), όσο και του Zafeiridis και συν. (2003), όταν συγκρίθηκαν πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης, υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής, διαπιστώθηκε ότι τα πρωτόκολλα μυϊκής αντοχής παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης, συγκρινόμενα τόσο με αυτά της μυϊκής υπερτροφίας, όσο και εκείνα της μέγιστης δύναμης.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την έκκριση της αυξητικής ορμόνης φαίνεται να αποτελεί η παραγωγή γαλακτικού, αφού στα πρωτόκολλα που παρατηρούνται υψηλότερες τιμές γαλακτικού παρατηρείται και υψηλότερη συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης. Εξάιρεση αποτελεί η μελέτη του Kraemer και συν. (1991), στην οποία παρόλο που παρατηρήθηκε αύξηση του γαλακτικού οξέως στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στις συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης.

Ο Linnamo και συν. (2005) σύγκριναν τρία διαφορετικά πρωτόκολλα. Ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας, που περιελάμβανε 3 ασκήσεις των 5 σετ των 10 επαναλήψεων και επιβάρυνση τις 10 ΜΕ, με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σετ, ένα πρωτόκολλο με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, αλλά επιβάρυνση στο 70% των 10 ΜΕ, το οποίο οι ερευνητές αναφέρουν ως πρωτόκολλο υπομέγιστης έντασης και ένα πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος με τα ανωτέρω χαρακτηριστικά και επιβάρυνση στο 40% των 10 ΜΕ. Στο πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος οι ερευνητές έδωσαν οδηγίες στους αξιολογούμενους να εκτελούν την άσκηση εκτάσεις ποδιών, όσο πιο γρήγορα μπορούσαν, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δύο πρωτόκολλα στα οποία δόθηκαν οδηγίες να χρησιμοποιείται μια υπομέγιστη σταθερή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης τόσο στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας όσο και σε αυτό της μυϊκής ισχύος. Ωστόσο στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας η αύξηση ήταν επταπλάσια. Τέλος στο πρωτόκολλο υπομέγιστης έντασης δεν παρουσιάστηκε μεταβολή των συγκεντρώσεων αυξητικής ορμόνης.

Ο Ahtiainen και συν. (2003) σύγκριναν δύο παρόμοια πρωτόκολλα (3 ασκήσεις όπου εκτελέστηκαν 4, 2 και 2 σετ, αντίστοιχα των 12 επαναλήψεων, με το φορτίο των 12ME), με τη διαφορά ότι στο ένα πρωτόκολλο χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή μέθοδος (εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση), ενώ στο άλλο η επιβάρυνση αυξήθηκε κατά 15% και οι τέσσερις τελευταίες επαναλήψεις κάθε σετ πραγματοποιούνταν με βοήθεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης αυξητικής ορμόνης στο πρωτόκολλο με τη μεγαλύτερη επιβάρυνση και την εκτέλεση επαναλήψεων με βοήθεια από την εκτέλεση των πρώτων σετ και έως τριάντα λεπτά μετά το τέλος των πρωτοκόλλων. Φαίνεται λοιπόν ότι σε παρόμοια προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας, αν αυξηθεί η ένταση, αυτό θα έχει ως συνέπεια υψηλότερες συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης.

*Αριθμός των σετ:* Ο Gotshalk και συν. (1997) όταν σύγκριναν την εκτέλεση 1 και 3 σετ ενός πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας των οκτώ ασκήσεων διαπίστωσαν ότι όταν εκτελέστηκαν 3 σετ η απόκριση της αυξητικής ορμόνης ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με την εκτέλεση 1 σετ (7-φορές έναντι 4-φορές). Επίσης υψηλότερη ήταν και η παραγωγή γαλακτικού με την εκτέλεση 3 σετ (8-φορές έναντι 5-φορές). Από την ανωτέρω μελέτη μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι και ο όγκος του προγράμματος που πραγματοποιείται αποτελεί σημαντική παράμετρο έτσι ώστε μεγαλύτερος όγκος, έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης. Επίσης, ο Smilios και συν. (2003) που εξέτασαν τις αποκρίσεις της αυξητικής ορμόνης με την εκτέλεση 2 και 4 σετ σε πρωτόκολλο μυϊκής αντοχής και με την εκτέλεση 2,4 και 6 σετ σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και μέγιστης δύναμης, παρατήρησαν τις υψηλότερες αποκρίσεις της αυξητικής ορμόνης και της παραγωγής γαλακτικού μετά από την εκτέλεση 4 και 6 σετ. Φαίνεται λοιπόν, ότι πρέπει να υπάρχει ένα σημείο προπονητικού όγκου το οποίο αν επιτευχθεί δεν προκαλείται μεγαλύτερη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης.

*Τύπος μυϊκής ενεργοποίησης:* Άλλο επίσης σημαντικό στοιχείο για μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης αποτελεί ο τύπος ενεργοποίησης που χρησιμοποιείται κατά την άσκηση. Έχει αποδειχθεί ότι, όταν η άσκηση πραγματοποιείται με σύγκεντρες συσπάσεις, η αύξηση της αυξητικής ορμόνης και η παραγωγή γαλακτικού είναι υψηλότερη, από ότι όταν η ίδια άσκηση πραγματοποιείται με έκκεντρες συσπάσεις (Durrand et al., 2003). Επίσης, ο Hakkinen και συν. (1998) όταν χρησιμοποίησαν 3 ασκήσεις με ισομετρική σύσπαση και 3 σετ των 10 επαναλήψεων στο 100% για 5 δευτερόλεπτα, παρατήρησαν σημαντικές αυξήσεις της αυξητικής ορμόνης σε προπονημένους αξιολογούμενους.

*Διάρκεια του διαλλείματος:* Η διάρκεια του διαλλείματος φαίνεται ότι έχει καθοριστική σημασία στις αποκρίσεις της αυξητικής ορμόνης. Ο Kraemer και συν. (1990) όταν σύγκριναν δύο πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας όπου σε 8 ασκήσεις εκτελέστηκαν 3 σετ των 10 επαναλήψεων, με επιβάρυνση τις 10ME και διάλλειμα 1 και 3 λεπτά αντίστοιχα, παρατήρησαν ότι όταν το διάλλειμα αυξάνονταν η απόκριση της αυξητικής ήταν μικρότερη. Παρόμοια είναι και τα ευρήματα της μελέτης των Kraemer και συν. (1991).

Σε άλλη μελέτη ο Ahtiainen και συν. (2005) μελέτησαν την επίδραση του διαλλείματος μεταξύ των σετ (5' έναντι 2') σε πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας. Ο όγκος ήταν υψηλότερος κατά 7,5% στο πρωτόκολλο με το μικρό διάλειμμα, ενώ η ένταση ήταν υψηλότερη κατά 22% στο πρωτόκολλο με το διάλειμμα των 5 λεπτών. Τα αποτελέσματα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης. Μία εξήγηση των αποτελεσμάτων της ανωτέρω μελέτης θα μπορούσε να είναι οι παρόμοιες συγκεντρώσεις γαλακτικού που παρουσιάζουν τα δύο πρωτόκολλα. Έτσι φαίνεται ότι η αύξηση της έντασης κατά 22% είχε ως αποτέλεσμα παρόμοιες μεταβολικές αποκρίσεις και για τα δύο πρωτόκολλα, παρά τη διάφορα τόσο στο διάλειμμα όσο και στον όγκο.

Οι Rahimi και συν. (2010) μελέτησαν την επίδραση διαλλείματος διάρκειας 60, 90, και 120 δευτερόλεπτων σε ένα πρωτόκολλο άσκησης με βάρη το οποίο περιελάμβανε 4 σετ στις ασκήσεις βαθύ κάθισμα και πιέσεις πάγκου μέχρι την εξάντληση στο 85% της 1 ME. Ο όγκος προπόνησης δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά κατά τη διάρκεια των τριών περιόδων άσκησης παρόλο που στις περιόδους με 90 και 120 δευτερόλεπτα διάλειμμα ήταν μεγαλύτερος. Όταν το διάλειμμα ήταν 60 δευτερόλεπτα, οι συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με τις τιμές πριν την έναρξη της άσκησης, τόσο αμέσως μετά όσο και 30 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης. Όταν το διάλειμμα ήταν 90 δευτερόλεπτα οι συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης ήταν σημαντικά υψηλότερες με τις τιμές πριν την έναρξη της άσκησης αμέσως μετά το τέλος της άσκησης, ενώ όταν το διάλειμμα ήταν 120 δευτερόλεπτα σημαντική μεταβολή σημειώθηκε μόνο 30 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης. Η μεταβολή της ορμόνης ήταν υψηλότερη με διάλειμμα 60 δευτερόλεπτα από ότι με διάλειμμα 120 δευτερόλεπτα ενώ το πρωτόκολλο με 90 δευτερόλεπτα διάλειμμα δεν διέφερε από τα άλλα δύο.

Οι Buresh, Berg και French (2009), πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα 10 εβδομάδων για να συγκρίνουν την επίδραση διαλλείματος 1 και 2,5 λεπτών στις ορμονικές αποκρίσεις, τη δύναμη και την υπερτροφία σε απροπόνητους άνδρες. Το πρωτόκολλο



περιελάμβανε δύο περιόδους άσκησης με εκείνο το φορτίο το οποίο προκαλούσε μη συνέχιση της άσκησης μετά το 3 σετ κάθε άσκησης. Η πρώτη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για τα κάτω άκρα, τους ώμους και τους κοιλιακούς με 9 ασκήσεις, ενώ η δεύτερη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για το στήθος, την πλάτη και τα άνω άκρα με 7 ασκήσεις συνολικά. Οι δύο περίοδοι άσκησης πραγματοποιούνταν σε δύο διαδοχικές ημέρες. Δείγματα αίματος ελήφθησαν αμέσως μετά την άσκηση την 1<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα. Οι συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης δεν παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης με διάλειμμα 1 και 2,5 λεπτά, παρόλο που στο πρωτόκολλο με διάλειμμα 1 λεπτού οι τιμές είναι υψηλότερες. Τέλος δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στις συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης την 5<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα προπόνησης.

Από τα ανωτέρω ως συμπέρασμα θα μπορούσαμε αν πούμε ότι υψηλός όγκος, με μέτρια έως υψηλή ένταση, πολλαπλά σετ και μικρά διαλείμματα, τείνουν να παράγουν τις μεγαλύτερες αυξήσεις στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Επίσης, υψηλές συσχετίσεις φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ παραγωγής γαλακτικού και της αυξητικής ορμόνης. Έχει προταθεί ότι η συσσώρευση ιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ) που παράγονται από τη μεταβολική οξέωση, μπορεί να είναι πρωταρχικός παράγοντας που να επηρεάζει την απελευθέρωση αυξητικής ορμόνης (Kraemer & Ratamess, 2005).

### **Φύλο**

Σε αντίθεση με ότι παρατηρείται στην τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη ανταποκρίνεται και στις γυναίκες, σε μικρότερο βαθμό, ως αποτέλεσμα της άσκησης αντιστάσεων. Στις μελέτες των Kraemer και συν. (1991) και Linnamo και συν. (2005), με την εκτέλεση πρωτοκόλλου υπερτροφίας παρουσιάστηκαν σημαντικές αυξήσεις στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης τόσο στους άνδρες, όσο και στις γυναίκες, με τους άνδρες να παρουσιάζουν μεγαλύτερες αυξήσεις στις συγκεντρώσεις της (Πίνακας 1). Επίσης το μεταβολικό αποτέλεσμα της άσκησης (μεταβολή του γαλακτικού) ήταν και αυτό σημαντικά αυξημένο, δείχνοντας με αυτό τον τρόπο ότι ο μηχανισμός (αν υπάρχει) που συνδέει την παραγωγή γαλακτικού με την έκκριση αυξητικής ορμόνης είναι παρόμοιος σε άνδρες και γυναίκες. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί, είναι, ότι και στις δύο παραπάνω μελέτες, φαίνεται ότι στην ηρεμία οι γυναίκες έχουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα αυξητικής ορμόνης συγκριτικά με τους άνδρες. Ο Crewther, Cronin και Keogh (2005) αναφέρουν ότι οι διαφορές στις εκκρίσεις αυξητικής ορμόνης σε σχέση με το φύλο, στην ηρεμία και στην άσκηση, μπορούν να αποδοθούν σε παράγοντες όπως: η

ομοιομορφία της παλμικής απελευθέρωσης αυξητικής ορμόνης (άνδρες > γυναίκες), τη μάζα που εκκρίνεται η ορμόνη, και της ευαισθησίας της αυξητικής ορμόνης στην GHRH (γυναίκες>άνδρες). Τέλος η μέγιστη ικανότητα απελευθέρωσης αυξητικής ορμόνης πιστεύεται ότι είναι παρόμοια μεταξύ ανδρών και γυναικών, τουλάχιστον στους υγιείς ενήλικους πληθυσμούς. Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι και στις γυναίκες, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης με την εκτέλεση άσκησης με βάρη.

### *Ηλικία*

Από την ανασκόπηση των μελετών του πίνακα 1, φαίνεται ότι οι νέοι συγκρινόμενοι με μεσήλικες και ηλικιωμένους αξιολογούμενους, εκκρίνουν υψηλότερες τιμές αυξητικής ορμόνης (Smilios et al., 2007; Kraemer et al., 1999; Kraemer et al., 1998; Hakkinen & Pakarinen, 1995). Οι Smilios και συν. (2007) χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο μυϊκής αντοχής που περιελάμβανε 6 ασκήσεις και σε κάθε άσκηση εκτελέστηκαν 3 σετ των 15 επαναλήψεων με φορτίο στο 60% της 1 ΜΕ και διάλειμμα 1,5 λεπτό, διαπίστωσαν αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης τόσο στους νέους όσο και στους ηλικιωμένους. Στους νέους, ωστόσο η αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης ήταν υψηλότερη συγκριτικά με τους ηλικιωμένους (80 φορές έναντι 16 φορές). Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα του Kraemer και συν. (1998), όπου παρατηρήθηκε αύξηση της αυξητικής ορμόνης με την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας τόσο σε νέους όσο και σε ηλικιωμένους δοκιμαζόμενους. Η αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης 30 λεπτά μετά το τέλος ήταν υψηλότερη, ωστόσο, στους νέους δοκιμαζόμενους από ότι στους ηλικιωμένους.

Μελέτη των Hakkinen και Pakarinen (1995) έδειξε ότι με την πάροδο της ηλικίας η έκκριση αυξητικής ορμόνης μειώνεται. Άνδρες ηλικίας 27 χρόνων παρουσίασαν αύξηση της τάξης των περίπου 200 φορές, ηλικίας 47 χρόνων αύξηση περίπου 20 φορές, ενώ σε ηλικίας 68 χρόνων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές. Αντίθετα, γυναίκες ηλικίας 48 χρόνων είχαν υψηλότερες αποκρίσεις (19 φορές) από ότι ηλικίας 25 χρόνων (3 φορές), ενώ σε ηλικίας 68 χρόνων δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της αυξητικής ορμόνης.

Όσον αφορά στα επίπεδα ορμονών ηρεμίας, με την πάροδο της ηλικίας υπάρχει μια προοδευτική μείωση στο ρυθμό της 24ωρης έκκρισης αυξητικής ορμόνης (~14% ανά δεκαετία) μετά την ενηλικίωση. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε αλλαγές της λειτουργίας της σωματοτροπίνης που σχετίζονται με την ηλικία. Έτσι μεταβολές στην ενδοκρινική δραστηριότητα μπορεί να συμβάλλουν σε αλλαγές στη μυϊκή μάζα και τη λειτουργική απόδοση με την πάροδο της ηλικίας (Crewther et al., 2006).

### ***Προπονητικό επίπεδο***

Ο Crewther και συν. (2006) αναφέρουν σχετικά με το προπονητικό επίπεδο ότι τα δεδομένα είναι συγκεχυμένα, αφού υπάρχουν μελέτες που αποδεικνύουν ότι όσο υπάρχει εξειδίκευση στην προπόνηση αντιστάσεων, η έκκριση αυξητικής ορμόνης μειώνεται. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις μικρότερες τιμές γαλακτικού που παρουσιάζουν τα προπονημένα άτομα σε σύγκριση με μη προπονημένα. Αντίθετα, υπάρχουν μελέτες, όπου παρουσιάζονται υψηλότερες τιμές σε γυμνασμένους, από ότι σε λιγότερο γυμνασμένους στην άσκηση αντιστάσεων. Η μεταβλητότητα που παρατηρείται μπορεί να εξηγηθεί από παράγοντες που σχετίζονται με την προπόνηση (διάρκεια, τύπος, περιοδισμός), την ηλικία, αλληλεπιδράσεις του φύλλου, καθώς και ενδοατομικές διαφορές στην απόκριση αυξητικής ορμόνης με την άσκηση. Τέλος, χαμηλότερα επίπεδα αυξητικής ορμόνης στην ηρεμία σε προπονημένους σαν αποτέλεσμα της προπόνησης περιπλέκουν περαιτέρω την κατανόησή μας σχετικά με την επίδραση της άσκησης στην ορμονική απελευθέρωση (Taylor, Thompon, Clarkson, Milas & DeSouza 2000; Graig, Lucas, Pohlman & Stelling 1991).

### ***Διατροφή***

Σχετικά με την επίδραση της λήψης συμπληρωμάτων διατροφής πριν και μετά την προπόνηση στις ορμονικές ανταποκρίσεις, τα ευρήματα είναι αντιφατικά. Υπάρχουν μελέτες οι οποίες δείχνουν θετική επίδραση και άλλες που δεν έχουν αναφέρει ορμονικές διαφοροποιήσεις με τη χρήση αυτών των συμπληρωμάτων (Crewther et al., 2006). Στη μελέτη των Hoffman και συν. (2008) η χορήγηση ενός ενεργειακού συμπληρώματος αμινοξέων είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης 15 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης σε σύγκριση με αδρανή ουσία. Αυτό ίσως να υποδηλώνει αυξημένη αναβολική ορμονική ανταπόκριση σε αυτό το συμπλήρωμα που χορηγήθηκε πριν την άσκηση. Αντίθετα, ο Kraemer και συν. (2006) που εξέτασαν την επίδραση της χορήγησης, για 4 εβδομάδες, ενός συμπληρώματος αμινοξέων κατά τη διάρκεια πολύ επίπονης άσκησης αντιστάσεων, διαπίστωσαν ότι το συμπλήρωμα δεν αύξησε σημαντικά τις συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης στην ηρεμία. Αντίθετα, στην ομάδα στην οποία χορηγούνταν η αδρανής ουσία, αυξήθηκαν οι συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης στην ηρεμία από την πρώτη κιόλας εβδομάδα.

Η μεταβλητότητα αυτή μπορεί να εξηγηθεί από διαφορές στις διαδικασίες λήψης των συμπληρωμάτων και τον πειραματικό σχεδιασμό. Είναι πιθανόν, οι επιδράσεις των συμπληρωμάτων διατροφής στην ανταπόκριση αυξητικής ορμόνης με την άσκηση να καλύπτεται εν μέρει από παράγοντες που σχετίζονται με το προπονητικό επίπεδο

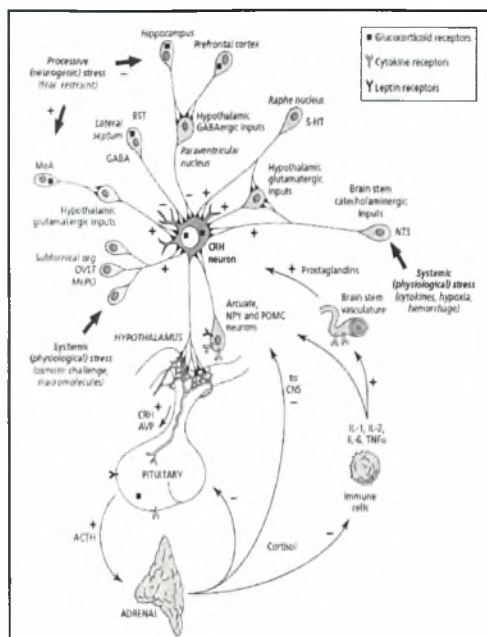
(προπονημένοι αξιολογούμενοι), καθώς και επιπλέον μεταβολικές επιδράσεις της (κινητοποίηση λιπαρών οξέων, ρύθμιση γλυκόζης αίματος). Φαίνεται λοιπόν ότι η αυξητική ορμόνη χαρακτηρίζεται από ευμετάβλητες ανταποκρίσεις στην άσκηση αντιστάσεων και θα πρέπει να εξετάζονται σοβαρά όταν ερμηνεύονται και εξάγονται τα ευρήματα αυτών των ερευνών (Crewther et al., 2006).

### ***Συγκέντρωση της κορτιζόλης, μεταβολή της συγκέντρωσής της κατά την άσκηση με βάρη και παράγοντες που την καθορίζουν***

Η κορτιζόλη έχει καταβολική επίδραση στο μυϊκό ιστό ιδιαίτερα στις μυϊκές ίνες τύπου II (Kraemer & Ratamess, 2004), και είναι το κύριο μέλος της οικογένειας των γλυκοκορτικοειδών (Crewther et al., 2006). Ο φυσιολογικός ρόλος της κορτιζόλης περιλαμβάνει τη διατήρηση του ισοζυγίου νατρίου και νερού στον οργανισμό, τον έλεγχο της πίεσης του αίματος, τη διατήρηση της ομοιόστασης της γλυκόζης, τη λιπογένεση, την αναστολή της λειτουργίας των οστεοβλαστών καθώς και αντιφλεγμονώδεις δράσεις που περιλαμβάνουν την καταστολή ή τη ρύθμιση της φλεγμονώδους απόκρισης κατά το μυϊκό τραυματισμό (Kraemer & Rogol, 2006). Η κορτιζόλη θεωρείται η ορμόνη του στρες. Αυτό, γιατί συνδέεται με διάφορες στρεσογόνες καταστάσεις όπως ασθένειες απειλητικές για τη ζωή, εγχείρηση, αιμορραγία, κατάθλιψη, υπερπροπόνηση και άλλες (Crewther et al., 2006; Kraemer & Rogol, 2006). Η κορτιζόλη συντίθεται και απελευθερώνεται, όπως όλα τα γλυκοκορτικοειδή, από το φλοιό των επινεφριδίων, μέσω του άξονα υποθάλαμος – υπόφυση – επινεφρίδια, με ένα μικρό ποσοστό να παράγεται επίσης από τη μετατροπή της κορτιζόνης (Crewther et al., 2006; Kraemer & Rogol, 2006; Kraemer & Ratamess, 2005).

Περίπου το 10% της κορτιζόλης στο αίμα κυκλοφορεί ελεύθερη, το 15% είναι δεσμευμένη με την αλμπουμίνη και το 75% με τη δεσμευτική σφαιρίνη της κορτιζόλης (CGB) (Crewther et al., 2006; Kraemer & Ratamess, 2005; Komi, 2003). Η καταβολική της δράση σχετίζεται και με την απόσβεση άλλων αναβολικών ορμονών (τεστοστερόνη και αυξητική ορμόνη), καθώς και με τη μείωση της σύνθεσης των πρωτεϊνών και της αύξησης της πρωτεϊνικής αποικοδόμησης στο μυϊκό ιστό. Τα γλυκοκορτικοειδή πιστεύεται ότι δημιουργούν μια αυξημένη δεξαμενή αμινοξέων για την πρωτεϊνική σύνθεση και μπορεί επίσης, να αυξάνουν την αναλογία ανακύκλωσης πρωτεΐνης σε προηγούμενα ενεργοποιημένους μύες. Ένα ορμονικό περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από μεγάλη καταβολική απόκριση σε συνδυασμό με μεγάλη αναβολική απόκριση είναι πιθανόν να επωφεληθεί από τη συσσώρευση μυϊκών πρωτεϊνών (Crewther et al., 2006).

### Άξονας υποθάλαμος – υπόφυση – επινεφρίδια



**Σχήμα 3.** Άξονας υποθάλαμος - υπόφυση - επινεφρίδια (Kraemer & Rogol, 2005)

ζώνη του φλοιού των επινεφριδίων όπου παράγεται το τελικό προϊόν του άξονα, η κορτιζόλη.

Η ίδια η κορτιζόλη δρα ως ανασταλτικός ανατροφοδοτικός μηχανισμός έκκρισης των ACTH, CRH, AVP. Το ερέθισμα που ενεργοποιεί αρχικά τον άξονα είναι το στρες που προκαλεί η επιβάρυνση της άσκησης, ή οποιαδήποτε στρεσογόνος κατάσταση όπως αυτές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Ένας στρεσογόνος παράγοντας που ενεργοποιεί το συγκεκριμένο άξονα είναι και η άσκηση αντιστάσεων, αφού μπορεί να προκαλέσει διαταραχή της δομής του μυϊκού κυττάρου, αιμορραγία, υποξία, καθώς και παραγωγή φλεγμονώδους κατάστασης (Silbernagl & Desporoulos, 2010; Kraemer & Rogol, 2006).

#### **Επίδραση του σχεδιασμού του προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις στη συγκέντρωση της κορτιζόλης**

Ο στόχος του προγράμματος άσκησης με βάρη καθώς και οι μεταβλητές επιβάρυνσης του προγράμματος (αριθμός και είδος των ασκήσεων, αριθμός των σετ και διάρκεια του διαλείμματος) καθορίζουν το μέγεθος της ανταπόκρισης της κορτιζόλης στο ερέθισμα της άσκησης με βάρη (Πίνακας 1).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο άξονας υποθάλαμος – υπόφυση – επινεφρίδια (σχήμα 2.4), έχει ως τελικό προϊόν την παραγωγή και απελευθέρωση κορτιζόλης. Η έναρξη του άξονα βρίσκεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα όπου νευρικά και νευροδιαβιβαστικά σήματα διεγείρουν τον υποθάλαμο να συνθέσει την ορμόνη απελευθέρωσης κορτικοτροπίνης (CRH), καθώς και την βασοπρεσίνη (AVP). Οι δύο αυτές ορμόνες, μέσω της πύλαίας υποθαλαμικής-υποφυσιακής φλέβας, διεγείρουν τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης, ο οποίος

συνθέτει και εκκρίνει την ορμόνη κορτικοτροπική (ACTH), η οποία εισέρχεται στην κυκλοφορία, και διεγείρει τη στηλιδωτή

*Πρωτόκολλο άσκησης με βάρη:* Πρωτόκολλα για την ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας και της μυϊκής αντοχής προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στον ορό συγκριτικά με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος (Πίνακας 1, McCaulley et al., 2009; Crewther et al., 2008; Zafeiridis et al., 2003; Smilios et al., 2003; Hakkinen & Pakarinen, 1993; Vanhelder, Radomski, Goode & Casey, 1985). Οι Hakkinen και Pakarinen, (1993) όταν σύγκριναν ένα πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης με 20 σετ στα οποία εκτελέστηκε 1 επανάληψη με επιβάρυνση το 100% της 1ΜΕ με 3 λεπτά διάλειμμα, και ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 10 σετ και εκτελέστηκαν 10 επαναλήψεις με επιβάρυνση το 70% της 1ΜΕ με το ίδιο διάλειμμα, παρατήρησαν σημαντική μεταβολή των συγκεντρώσεων κορτιζόλης, μόνο στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας. Αντίθετα, στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στις συγκεντρώσεις της κορτιζόλης. Με τα δεδομένα αυτά συμφωνούν και οι μελέτες των McCaulley και συν. (2009), Crewther και συν. (2009), Smilios και συν. (2003) και Zafeiridis και συν. (2003).

Ο McCaulley και συν. (2009) σύγκριναν ένα πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 11 σετ σε καθένα από τα οποία εκτελέστηκαν 3 επαναλήψεις με φορτίο το 90% της 1ΜΕ και διάλειμμα 5 λεπτά. Ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 10 επαναλήψεων με φορτίο το 75% της 1ΜΕ και διάλειμμα 1,5 λεπτό, και τέλος ένα πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 8 σετ των 6 επαναλήψεων με φορτίο το 0% της 1ΜΕ και διάλειμμα 3 λεπτά. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των ανωτέρω πρωτοκόλλων παρουσίασε σημαντική μεταβολή, μόνο στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας, ενώ δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές τόσο στο πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, αλλά και στο πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος. Αυτά τα δεδομένα έρχονται σε συμφωνία με αυτά του Crewther και συν. (2008), οι οποίοι όσον αφορά το πρωτόκολλο μυϊκής ισχύος εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα το οποίο περιελάμβανε 8 σετ στο οποίο εκτελέστηκαν 6 επαναλήψεις με επιβάρυνση το 45% της 1ΜΕ και διάλειμμα 3 λεπτά και στο οποίο δεν παρατηρήθηκε επίσης μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης.

Ο Gotshalk και συν. (1997) όταν σύγκριναν την εκτέλεση 1 και 3 σετ σε κάθε άσκηση των 10 επαναλήψεων με επιβάρυνση τις 10 ΜΕ παρατήρησαν ότι το πρωτόκολλο με τον μεγαλύτερο όγκο προπόνησης παρουσίασε σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης και γαλακτικού οξέως. Σε όλες αυτές τις μελέτες παρατηρούμε ότι υπάρχει μία συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης κορτιζόλης και της παραγωγής γαλακτικού. Οι Smilios και συν. (2003) και οι Zafeiridis και συν. (2003) επιβεβαιώνουν την παραπάνω

πρόταση, αφού πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής παρουσιάστηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις γαλακτικού και κορτιζόλης, από αυτά της μέγιστης δύναμης. Ένα άλλο στοιχείο που φαίνεται να υπάρχει, είναι ότι πρωτόκολλα που προάγουν τις άμεσες ορμονικές αποκρίσεις αυξητικής ορμόνης, φαίνεται να προάγουν και αυτές της κορτιζόλης (Kraemer & Ratamess, 2005).

*Επίδραση της διάρκειας του διαλείμματος:* Ο Kraemer και συν. (1996) μελέτησαν την επίδραση της διάρκειας του διαλείμματος μεταξύ των σετ, 1 έναντι 3 λεπτά, στις αποκρίσεις της κορτιζόλης σε ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας ίσου όγκου και έντασης. Διαπίστωσαν ότι με το μικρότερο διάλειμμα (1 λεπτό), η κορτιζόλη αυξήθηκε κατά 25% ενώ με το μεγαλύτερο διάλειμμα (3 λεπτά) δεν ανταποκρίθηκε καθόλου. Έτσι φαίνεται ότι ο μικρότερος χρόνος διαλείμματος σε πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποκρίσεις κορτιζόλης. Ο Ahtiainen και συν. (2005) εξέτασαν την επίδραση του διαλλείματος μεταξύ των σετ, (5' έναντι 2') σε πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας. Ο όγκος ήταν υψηλότερος κατά 7,5% με το μικρό διάλλειμα αλλά η ένταση ήταν υψηλότερη κατά 22% με το διάλλειμα των 5 λεπτών καθώς δε χρειάστηκε να μειωθεί το φορτίο για να εκτελεστεί ο προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων σε όλα τα σετ. Διαπίστωσαν σημαντικές αυξήσεις της κορτιζόλης και στα δύο πρωτόκολλα (41% και 36%).

Οι Buresh, Berg και French (2009), πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα 10 εβδομάδων για να συγκρίνουν την επίδραση του διαλλείματος 1 και 2,5 λεπτών στις ορμονικές αποκρίσεις, τη δύναμη και την υπερτροφία σε απροπόνητους άνδρες. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε δύο περιόδους άσκησης με εκείνο το φορτίο το οποίο προκαλούσε μη συνέχιση της άσκησης μετά το 3 σετ κάθε άσκησης. Η πρώτη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για τα κάτω άκρα τους ώμους και τους κοιλιακούς με 9 ασκήσεις, ενώ η δεύτερη περίοδος περιελάμβανε ασκήσεις για το στήθος, την πλάτη και τα άνω άκρα με 7 ασκήσεις συνολικά. Οι δύο περίοδοι άσκησης πραγματοποιούνταν σε δύο διαδοχικές ημέρες. Δείγματα αίματος ελήφθησαν αμέσως μετά την άσκηση την 1<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα. Οι συγκεντρώσεις κορτιζόλης όταν το διάλειμμα ήταν 1 λεπτό μεταξύ των σετ ήταν σημαντικά υψηλότερες συγκριτικά με το διάλειμμα των 2,5 λεπτών. Οι διαφορές αυτές όμως μειώθηκαν μετά από πέντε εβδομάδες (μη σημαντικές μεταβολές) και δεν υπήρχαν μετά από δέκα εβδομάδες προπόνησης.

*Επίδραση του αριθμού των σετ:* Ο Ratamess και συν. (2004), μελέτησαν την επίδραση του αριθμού των σετ στις αποκρίσεις της κορτιζόλης συγκρίνοντας την εκτέλεση 1 με 6 σετ του ίδιου πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας. Διαπίστωσαν ότι τα πολλαπλά σετ

(6) έχουν ως συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης ενώ με την εκτέλεση 1 σετ δε μεταβλήθηκε. Τέλος οι Smilios και συν. (2003) όταν σύγκριναν αν με την εκτέλεση 2, 4 ή 6 σε κάθε άσκηση, σε ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας διαφοροποιείται η απόκριση της κορτιζόλης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με τα 4 και 6 σετ έχουν σημαντικά υψηλότερες αποκρίσεις συγκριτικά με τα 2 σετ. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και όταν σύγκριναν 2 και 4 σετ σε πρωτόκολλο τοπικής μυϊκής αντοχής, όπου τα 4 σετ είχαν ως αποτέλεσμα υψηλότερες άμεσες ορμονικές αποκρίσεις. Σε πρόγραμμα μέγιστης δύναμης ο αριθμός των σετ δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της κορτιζόλης.

*Είδος της άσκησης:* Το είδος της άσκησης που επιφέρει υψηλότερες αποκρίσεις της κορτιζόλης, φαίνεται να συμπίπτει με εκείνη της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης. Έτσι λοιπόν όταν κινητοποιούνται μεγάλες μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων, έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερη επιβάρυνση, μεγαλύτερο μεταβολικό στρες (ιδιαίτερα όταν διατηρείται μικρό διάλειμμα μεταξύ των σετ) που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποκρίσεις κορτιζόλης (Πίνακας 1, Izquierdo et al., 2009; Crewther et al., 2008; Ratamess et al., 2004; Gosthalk et al., 1997; Kraemer et al., 1996; Hakkinen & Pakarinen, 1993; Vanhelder et al., 1985).

Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι ο αριθμός των σετ που εκτελείται σε κάθε άσκηση, που μεταβάλλει και το συνολικό όγκο του πρωτοκόλλου, καθώς και η διάρκεια του διαλείμματος παίζουν σημαντικό ρόλο στις άμεσες αποκρίσεις κορτιζόλης. Έτσι λοιπόν αυξημένος όγκος με υψηλή ένταση και μικρή διάρκεια διαλλείματος, καθώς και πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και τοπικής μυϊκής αντοχής που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού, προκαλούν μεγαλύτερες αποκρίσεις της κορτιζόλης, σε σύγκριση με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος όπου ο όγκος προπόνησης είναι μικρότερος, με μεγαλύτερα σε διάρκεια διαλλείματα, και τα οποία δεν παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού.

### **Φύλο**

Στη μελέτη των Hakkinen και Pakarinen, (1995) που σύγκριναν τις άμεσες ορμονικές αποκρίσεις σε 30χρονους/νες, 50χρονους/νες και 70χρονους/νες, σε ένα πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας, σημαντική μεταβολή της κορτιζόλης παρατηρήθηκε μόνο στους μεσήλικες άνδρες. Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα σε πιο πρόσφατη μελέτη του McGuigan και συν. (2004) που εξέτασαν στο σάλιο τις αποκρίσεις της κορτιζόλης σε άνδρες και γυναίκες σε δύο πρωτόκολλα, ένα μυϊκής υπερτροφίας (6 σετ των 10



επαναλήψεων στο 70% της 1ΜΕ στο βαθύ κάθισμα και στον πάγκο, με διάλειμμα 2 λεπτά) και ένα μυϊκής ισχύος (3 σετ των 10 επαναλήψεων στο 30% της 1ΜΕ στις ίδιες ασκήσεις με το ίδιο διάλειμμα). Παρουσιάστηκε αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης στο πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας αμέσως μετά το τέλος της άσκησης, ενώ αντίθετα δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή της κορτιζόλης στο πρωτόκολλο της μυϊκής ισχύος.

Παρόμοια ευρήματα έχει και η μελέτη του Kraemer και συν. (1998) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση ενός πρωτοκόλλου μυϊκής υπερτροφίας κατά την εφαρμογή ενός μεσοπρόθεσμου προγράμματος διάρκειας 8 εβδομάδων, στο οποίο άνδρες και γυναίκες παρουσίασαν σημαντικές αυξήσεις στις συγκεντρώσεις κορτιζόλης αμέσως μετά την άσκηση, σε σχέση με τις τιμές πριν την έναρξη της άσκησης. Διαφορές όμως μεταξύ των ομάδων δεν παρατηρήθηκαν. Άρα ίσως τα δύο φύλλα να παρουσιάζουν παρόμοιες ορμονικές αποκρίσεις κορτιζόλης σε αυτό τον τύπο άσκησης. Τέλος να αναφερθεί ότι τα επίπεδα κορτιζόλης στην ηρεμία είναι παρόμοια μεταξύ ανδρών και γυναικών.

### **Ηλικία**

Η μελέτη των Smilios και συν. (2007) στην οποία εφαρμόστηκε ένα πρωτόκολλο μυϊκής αντοχής, η αύξηση της κορτιζόλης ήταν παρόμοια μεταξύ ηλικιωμένων και νεότερων αξιολογούμενων. Αντίθετα, στη μελέτη των Hakkinen και Pakarinen (1995) μόνο σε 50χρονους άνδρες, αυξήθηκε η κορτιζόλη κατά 75%, ενώ δεν υπήρξαν μεταβολές σε 30χρονους και 70χρονους. Επίσης σε μελέτες των Kraemer και συν. (1999 και 1998) όταν μελετήθηκαν οι ανταποκρίσεις της κορτιζόλης σε νέους (30 ετών) και ηλικιωμένους (62 ετών) αξιολογούμενους σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση της ορμόνης μετά την άσκηση μεταξύ των ηλικιακών ομάδων. Στην πρώτη μελέτη μόνο όταν ολοκληρώθηκε ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα προπόνησης δύναμης 10 εβδομάδων, οι ηλικιωμένοι εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης σε σύγκριση με τους νεότερους αξιολογούμενους αμέσως μετά και πέντε λεπτά μετά το τέλος της άσκησης. Αυτό το γεγονός όμως, μπορεί να οφείλεται και στο ότι το ερέθισμα που δέχθηκαν οι νέοι αξιολογούμενοι (1 άσκηση των 4 σετ στα οποία εκτελέστηκαν 10 επαναλήψεις με επιβάρυνση τις 10ΜΕ και διάλειμμα 1,5 λεπτά) δεν ήταν αρκετό για να ενεργοποιήσει σε υψηλό βαθμό τον άξονα υποθάλαμος-υποφυσή-επινεφρίδια.

Οι Kraemer και Ratamess (2006) αναφέρουν ότι η πάροδος της ηλικίας δε φαίνεται να επηρεάζει τις αποκρίσεις κορτιζόλης σαν απάντηση στην άσκηση αντιστάσεων καθώς και τις τιμές ηρεμίας. Ανεξάρτητα από αυτές τις ομοιότητες η ιστική διαθεσιμότητα

ενεργών γλυκοκορτικοειδών, μπορεί να μεταβληθεί στους γηραιότερους. Πιθανολογείται ότι η δραστηριότητα των μεταβολικών ενζύμων των στεροειδών μπορεί να αυξάνεται με την ηλικία, οδηγώντας σε αυξημένη διαθεσιμότητα γλυκοκορτικοειδών και δράσης αυτών στο μυϊκό σύστημα των γηραιότερων. Μια τέτοια προσαρμογή ειδικά αν συνδέεται με μειωμένο αναβολικό επίπεδο, έχει ως αποτέλεσμα ένα ορμονικό ισοζύγιο (λιγότερο αναβολικό, περισσότερο καταβολικό) το οποίο είναι λιγότερο ευνοϊκό για τη μυϊκή αποκατάσταση και επιδιόρθωση.

### ***Προπονητικό επίπεδο***

Σχετικά με το προπονητικό επίπεδο παρατηρώντας τον πίνακα 1 διαπιστώνεται ότι μόνο ο Cadore και συν. (2008) μελέτησαν την επίδραση ενός προγράμματος προπόνησης δύναμης σε μεσήλικες αξιολογούμενους με εμπειρία και μη στην προπόνηση δύναμης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κορτιζόλη των άπειρων μεσήλικων ανταποκρίθηκε στο ερέθισμα της άσκησης. Οι ερευνητές επεσήμαναν, ότι οι μακροχρόνια προπονημένοι άνδρες φαίνεται να χρειάζονται ένα υψηλότερο όγκο προπόνησης, το λιγότερο παρόμοιο με την ημερήσια προπόνησή τους, για διέγερση μεγαλύτερων ορμονικών αποκρίσεων. Παρατηρείτε λοιπόν ότι το να συγκρίνουμε προπονημένους ή έμπειρους αξιολογούμενους με απροπόνητους ή άπειρους εμπεριέχει τον κίνδυνο το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί να μην είναι ικανό να φτάσει το κατώφλι πρόκλησης ενδοκρινικών αποκρίσεων για τους έμπειρους, ενώ αντίθετα για τους άπειρους αξιολογούμενους, το πρωτόκολλο να είναι πάρα πολύ υψηλό που να δίνει υπερβολικά υψηλές εκκρίσεις (ακραίες τιμές) ή οι αξιολογούμενοι να μην είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του.

Οι Kraemer και συν. (1999 και 1998) εφάρμοσαν ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας (8-10 εβδομάδες) σε απροπόνητους νέους (30 ετών) και ηλικιωμένους (62 ετών), καθώς και σε απροπόνητους άνδρες και γυναίκες. Στην πρώτη μελέτη (Kraemer et al., 1999) διαπίστωσαν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης στην ηρεμία για τους ηλικιωμένους την 3<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> εβδομάδα μετά την έναρξη του προγράμματος. Ωστόσο, μετά τις 10 εβδομάδες οι νέοι παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες συγκεντρώσεις αμέσως μετά, 5 και 15 λεπτά μετά την άσκηση από τις αντίστοιχες τιμές, πριν την έναρξη του προγράμματος. Τέλος οι McCall, Byrnes, Fleck, Dickinson και Kraemer (1999), όταν εφάρμοσαν ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας σε προπονημένους διάρκειας 12 εβδομάδων, 3 φορές την εβδομάδα, διαπίστωσαν στατιστικά χαμηλή συγκέντρωση της κορτιζόλης στην ηρεμία μετά την εφαρμογή του προγράμματος.

Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα άσκησης αντιστάσεων, έχει την τάση να μειώνει σημαντικά τις συγκεντρώσεις κορτιζόλης στην ηρεμία τόσο σε προπονημένους, όσο και σε απροπόνητους. Αυτό ίσως να οφείλεται στην ελάττωση των επιπέδων του στρες του οργανισμού ως αποτέλεσμα των ωφελειών της άσκησης.

### ***Διατροφή***

Σχετικά με την επίδραση της λήψης συμπληρωμάτων διατροφής ο Hoffman και συν. (2008) δε διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση της κορτιζόλης αμέσως μετά το τέλος της άσκησης (6 σετ των 10 επαναλήψεων στο βαθύ κάθισμα με το 75% της 1ΜΕ με 2 λεπτά διάλειμμα) όταν είχαν χορηγηθεί αμινοξέα ή αδρανής ουσία. Και άλλες μελέτες όπως αυτές των Kraemer, Volek, Bush, Putukian και Sebastianelli (1998) καθώς και των Williams, Ismail, Sharma και Jones (2002), διαπίστωσαν μικρές ή καθόλου διαφορές στην απόκριση κορτιζόλης μετά από άσκηση αντιστάσεων, όταν κατά τη διάρκεια της άσκησης χορηγήθηκαν στους αξιολογούμενους συμπληρώματα (υδατάνθρακες και/ή πρωτεΐνες) ή αδρανής ουσία. Ωστόσο, σε μια μελέτη παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση της κορτιζόλης στην άσκηση αντιστάσεων, όταν δόθηκε συμπλήρωμα υδατανθράκων σε σύγκριση με αδρανή ουσία (7% υδατάνθρακες με 99% αδρανής ουσία αντίστοιχα, Tarpening, Wiswell, Hawkins & Marcell, 2001). Φαίνεται λοιπόν ότι τα συμπληρώματα διατροφής δε φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο στην απόκριση της κορτιζόλης κατά την άσκηση με βάρη αν και τα ερευνητικά δεδομένα είναι ελάχιστα.

### ***Ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων***

Η ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, αναφέρεται σε δυναμικές ασκήσεις (Ratamess et al., 2009). Είναι η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται η σύγκεντρη και η έκκεντρη φάση της άσκησης. Αυτή μπορεί να είναι εκούσια ή ακούσια. Όταν λέμε ακούσια εννοούμε την άσκηση στην οποία ο ασκούμενος δεν ενδιαφέρεται για την ταχύτητα με την οποία θα εκτελέσει την άσκηση. Η βαρύτητα κατά τη σύγκεντρη και έκκεντρη φάση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς ο ασκούμενος πρέπει να αντισταθεί (έκκεντρη φάση) και να υπερνικήσει (σύγκεντρη φάση) το φορτίο αντίστασης. Η ταχύτητα (εκούσια ή ακούσια) με την οποία πραγματοποιείται αυτή η κίνηση σε κάθε επανάληψη καλείται ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων.

Η Pereira και Gomes (2003) αναφέρουν ότι λίγες μελέτες ανέλυσαν τις προσαρμογές με την προπόνηση με διαφορετικές ταχύτητες σε ελεύθερα βάρη, και σε μερικές περιπτώσεις η ταχύτητα εκτέλεσης δεν ήταν αυστηρά ελεγχόμενη. Όταν δίνονται οδηγίες για τον καταρτισμό του προγράμματος προπόνησης, με δυσκολία αναφέρεται η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, ενώ όταν αναφέρεται αυτό γίνεται αόριστα συστήνοντας ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων από αργή έως πολύ γρήγορη. Για πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας ανάλογα με το επίπεδο των ασκούμενων προτείνεται για αρχάριους και προχωρημένους, αργές έως μέτριες ταχύτητες, ενώ για πολύ προχωρημένους αργές, μέτριες και γρήγορες ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων (Ratamess et al., 2009; Kraemer & Ratamess, 2004).

Για τη μέτρηση της ταχύτητας κίνησης, οι ερευνητές σε μεγάλο ποσοστό χρησιμοποίησαν ισοκινητικά μηχανήματα, μετρονόμους, δυναμόμετρα και υδραυλικά μηχανήματα προπόνησης δύναμης (Nautilus), εξετάζοντας πως επιδρά η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων στην απόδοση (Munn et al., 2005; Neils et al., 2005; Keeler, Finkelstein, Miller & Fernhall, 2001; Morrissey, Harman, Frykman & Hoon Han, 1998; Kanehisa & Miyashita, 1983), τη μυϊκή υπερτροφία (Shepstone et al., 2005; Farthing & Chilibenk, 2003), στις μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές (Hanter, Seelhorst & Snyder, 2003), καθώς και τις ορμονικές αποκρίσεις (Headley et al., 2010; Goto, Takahashi, Yamamoto & Takamatsa, 2008).

Μελέτες που εξέτασαν την επίδραση της ταχύτητας κίνησης στην βελτίωση της απόδοσης κατέληξαν ότι, με γρηγορότερες ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση της μέγιστης δύναμης και της ισχύος συγκριτικά με την αργή εκτέλεση (Munn et al., 2005; Neils et al., 2005; Keeler et al., 2001; Morrissey et al., 1998). Σε αυτές που αξιολογήθηκε η επίδραση της ταχύτητας κίνησης στη μυϊκή υπερτροφία χρησιμοποιήθηκαν ισοκινητικά μηχανήματα και μελετήθηκε η επίδραση της σύγκεντρης συγκριτικά με την έκκεντρη προπόνηση. Διαπιστώθηκε ότι με την έκκεντρη προπόνηση και τις γρηγορότερες ταχύτητες, επήλθε μεγαλύτερη υπερτροφία και οφέλη στη δύναμη (Shepstone et al., 2005; Farthing & Chilibeck, 2003). Στη μελέτη των Shepstone και συν. (2005) με τη λήψη μυϊκού ιστού προσπάθησαν να εξηγήσουν τη μεγαλύτερη υπερτροφία που παρατηρήθηκε. Κατέληξαν ότι αυτή μπορεί να σχετίζεται με το υψηλότερο ποσοστό της πρωτεϊνικής ανασύνθεσης, ιδιαίτερα των ιών τύπου II, οι οποίες εμπλέκονται με τις γρήγορες ταχύτητες, και τις έκκεντρες επαναλήψεις. Αυτό είναι σύμφωνο με το τμήμα της καμπύλης δύναμης –

ταχύτητας, στο οποίο όταν ο μύς επιμηκύνεται (έκκεντρη φάση της κίνησης) παράγει μεγάλη μυϊκή δύναμη ακόμη και σε υψηλές ταχύτητες.

Οι ταχύτητες κίνησης που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μελέτες με ελεύθερα βάρη παρουσιάζουν μεγάλο εύρος. Ξεκινούν από 10 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και έκκεντρα (Hatfield et al., 2006; Neils et al., 2005; Keeler et al., 2001) και φτάνει μέχρι τη βαλλιστική μέγιστη ταχύτητα (Sakamoto & Sinclair, 2006). Οι Hatfield και συν. (2006), Neils και συν., (2005) και Keeler και συν. (2001), μελέτησαν την επίδραση της πολύ αργής ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων σε σύγκριση με την παραδοσιακή ταχύτητα ή αυτή που επιλέγει εκούσια ο ασκούμενος, και διαπίστωσαν ότι με την πολύ αργή ταχύτητα πραγματοποιήθηκαν σημαντικά λιγότερες επαναλήψεις, παράχθηκε μικρότερη μέγιστη ισχύς, δύναμη και όγκος προπόνησης. Τα ανωτέρω αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η αργή ταχύτητα δεν προκαλεί τα κατάλληλα επίπεδα δύναμης, ισχύος και όγκου για τη βελτιστοποίηση της δύναμης και της αθλητικής απόδοσης (Hatfield et al., 2006), και ότι η ταχύτητα που επιλέγει εκούσια ο ασκούμενος στην εκτέλεση των επαναλήψεων είναι αποτελεσματικότερη για τη βελτίωση της μέγιστης ισχύος (Niels et al., 2005).

Οι Sakamoto και Sinclair (2006) μελέτησαν την επίδραση της ταχύτητας κίνησης στον αριθμό των επαναλήψεων, χρησιμοποιώντας πέντε διαφορετικές εντάσεις (40% έως 80%) και τέσσερις διαφορετικές ταχύτητες κίνησης (0,15±0,3 m/sec, 0,32 m/sec, 0,52m/sec και βαλλιστικές). Διαπίστωσαν ότι όσο γρηγορότερη γίνεται η ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των επαναλήψεων που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλο το εύρος των εντάσεων που μελετήθηκαν. Ο Hunter και συν. (2003) όταν συνέκριναν την πολύ αργή ταχύτητα εκτέλεσης (10 δευτ. σύγκεντρα και 5 δευτ. έκκεντρα), με την ταχύτητα κίνησης που επιλέγει εκούσια ο ασκούμενος, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, η ενεργειακή δαπάνη, η συγκέντρωση του γαλακτικού και η απόκριση της καρδιακής συχνότητας είναι χαμηλότερες με την αργή ταχύτητα σε σύγκριση με την γρηγορότερη, υποστηρίζοντας ότι το ερέθισμα της άσκησης με πολύ αργές ταχύτητες είναι ανεπαρκές για να παράγουν μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές.

### *Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων και ορμονικές ανταποκρίσεις*

Μόνο δύο μελέτες υπάρχουν που να έχουν εξετάσει την επίδραση της ταχύτητας κίνησης στην άσκηση με αντιστάσεις στις ορμονικές ανταποκρίσεις. Ο Headley και συν. (2010) εξέτασαν τις ορμονικές και μεταβολικές ανταποκρίσεις (γαλακτικό, αυξητική ορμόνη, κορτιζόλη, κρεατινική κινάση και IGF-I) και την ΙΜΕ, σε ένα πρωτόκολλο που περιελάμβανε τέσσερα σετ στην άσκηση πιέσεις πάγκου, με διάλειμμα 1 λεπτό ως εξής:

στο πρώτο σετ πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις στο 55% της 1ΜΕ, στο δεύτερο 5 επαναλήψεις στο 60% της 1ΜΕ, στο τρίτο 6 επαναλήψεις στο 65% της 1ΜΕ, και στο τελευταίο σετ όσες επαναλήψεις μπορούσε να εκτελέσει κάθε αξιολογούμενος με το 75% της 1ΜΕ. Μετρήθηκε το συνολικό έργο σε κάθε σετ, ενώ οι ταχύτητες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν α) 2 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και 2 δευτερόλεπτα έκκεντρα και β) 2 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και 4 δευτερόλεπτα έκκεντρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η 1ΜΕ ήταν υψηλότερη με τη γρήγορη ταχύτητα, ενώ οι αλλαγές στον όγκο πλάσματος στην αργή ταχύτητα. Διορθώνοντας τη συγκέντρωση των ουσιών με βάση τη μεταβολή του όγκου πλάσματος, μόνο η IGF-I ήταν υψηλότερη στη γρήγορη ταχύτητα όταν όλες οι άλλες παράμετροι δεν έδειξαν διαφορές μεταξύ των δύο ταχυτήτων. Ως συμπέρασμα οι μελετητές αναφέρουν ότι μπορούν να αρθούν υψηλότερα φορτία και να εκτελεστεί μεγαλύτερος συνολικός όγκος χρησιμοποιώντας μια γρήγορη ταχύτητα, αλλά, με εξαίρεση την IGF-I, οι ορμονικές αποκρίσεις είναι παρόμοιες. Άρα, οι αθλούμενοι μπορεί να έχουν τις ίδιες μεταβολικές αποκρίσεις στην προπόνηση χρησιμοποιώντας διαφορετικές ταχύτητες, αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιούν λιγότερη επιβάρυνση στη χαμηλή ταχύτητα.

Οι Goto και συν. (2008) σύγκριναν τρία πρωτόκολλα α) υψηλή ένταση (80% της 1ΜΕ) με κανονική ταχύτητα (1 δευτερόλεπτο σύγκεντρα και 1 δευτερόλεπτο έκκεντρα), β) χαμηλή ένταση (40% της 1ΜΕ) και αργή ταχύτητα (3 δευτερόλεπτα σύγκεντρα και 3 δευτερόλεπτα έκκεντρα), και γ) χαμηλή ένταση (40% της 1ΜΕ) και κανονική ταχύτητα (1 δευτερόλεπτο σύγκεντρα και 1 δευτερόλεπτο έκκεντρα). Η άσκηση που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι εκτάσεις ποδιών όπου εκτελέστηκαν 5 σετ έως την εξάντληση των εξεταζομένων με ενδιάμεσο διάλειμμα 1 λεπτό. Στα δύο πρώτα σετ η ένταση ήταν ακριβώς αυτή που περιγράφηκε στα πρωτόκολλα (α) και (β) παραπάνω, ενώ στα σετ 3 με 5, το φορτίο μειώνονταν κατά 10% ανά σετ. Στο πρωτόκολλο γ οι αξιολογούμενοι πραγματοποίησαν ίδιο αριθμό επαναλήψεων με αυτό που πραγματοποιήθηκε στο πρωτόκολλο (α). Η ταχύτητα κίνησης μετρήθηκε με μετρονόμο. Ο συνολικός όγκος στο (α) πρωτόκολλο ήταν διπλάσιος αυτού του (β) και (γ). Μετά την άσκηση στο πρωτόκολλο (β) οι αποκρίσεις της νορεπινεφρίνης και της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν υψηλότερες από ότι στα πρωτόκολλα (α) και (γ). Η αυξητική ορμόνη είχε σημαντικά υψηλότερες αποκρίσεις μόνο μετά από το πρωτόκολλο με τη χαμηλή ένταση και την αργή ταχύτητα (β) αλλά και από το πρωτόκολλο με την χαμηλή ένταση και τη γρήγορη ταχύτητα (γ). Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι αργές κινήσεις στην προπόνηση δύναμης είναι σημαντικές για την ενίσχυση των ορμονικών αποκρίσεων και κυρίως των κατεχολαμινών και της ελεύθερης τεστοστερόνης.

### *Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας*

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και τοπικής μυϊκής αντοχής, φαίνεται πως έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης στην κυκλοφορία συγκρινόμενα με πρωτόκολλα μέγιστης δύναμης και ισχύος. Η διαφορά αυτή μεταξύ των πρωτοκόλλων φαίνεται να οφείλεται στη διαφορά του όγκου προπόνησης που παρατηρείται μεταξύ αυτών των πρωτοκόλλων. Ο όγκος της προπόνησης λοιπόν αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα, ο οποίος διεγείρει έντονα το ενδοκρινικό σύστημα, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις των ορμονών στην κυκλοφορία. Σημαντικό ρόλο επίσης φαίνεται να έχει και η ένταση της προπόνησης, αφού χαμηλά επίπεδα έντασης δεν είναι ικανά να διεγείρουν αρκετά το ενδοκρινικό σύστημα (Linnamo et al., 2005). Υψηλός όγκος ή ένταση της προπόνησης, με χαμηλή την άλλη μεταβλητή, έχει ως αποτέλεσμα μικρότερες συγκεντρώσεις των ορμονών στην κυκλοφορία. Αντίθετα υψηλός όγκος με μέτρια ή υψηλή ένταση φαίνεται πως είναι ο ιδανικός συνδυασμός για υψηλότερες αποκρίσεις των προαναφερόμενων ορμονών στην κυκλοφορία.

Ο χρόνος του διαλείμματος μεταξύ των σετ έχει και αυτός καθοριστική σημασία. Μικρής διάρκειας διαλλείματα (<2 λεπτών) προκαλούν υψηλές ορμονικές συγκεντρώσεις, συγκρινόμενα με μεγαλύτερης διάρκειας διαλλείματα (>3 λεπτά). Ένα επιπλέον στοιχείο που σχετίζεται με το μικρό σε διάρκεια διάλλειμα είναι και το μεγαλύτερο μεταβολικό στρες που προκαλεί στον οργανισμό. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση γαλακτικού που παρατηρείται όταν χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και αντοχής με μικρά σε διάρκεια διαλλείματα, φαίνεται πως έχει υψηλή συσχέτιση με την υψηλότερη συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης στην κυκλοφορία, ενώ υπάρχουν και αρκετές ενδείξεις ότι και η τεστοστερόνη ευνοείται από αυτήν.

Η ανταπόκριση των δύο φύλλων στην κορτιζόλη φαίνεται να έχει όμοια πορεία σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας και αντοχής. Αντίθετα η συγκέντρωση της τεστοστερόνης στις γυναίκες δεν παρουσιάζει σημαντική μεταβολή. Η αυξητική ορμόνη παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις στην ηρεμία στις γυναίκες σε σύγκριση με τους άνδρες. Ως απόκριση στην άσκηση αντιστάσεων και στα δύο φύλλα παρατηρείται αύξηση της αυξητικής ορμόνης αλλά στις γυναίκες σε μικρότερο ποσοστό. Η πάροδος της ηλικίας μειώνει τις ανταποκρίσεις τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης, ενώ όσον αφορά την κορτιζόλη, τα αποτελέσματα των μελετών είναι αντικρουόμενα. Τα δεδομένα δεν είναι ξεκάθαρα και σε ότι αφορά στο προπονητικό επίπεδο. Αυτό οφείλεται στην αδυναμία των ερευνητών να εξισώσουν έτσι τα πρωτόκολλα άσκησης, ώστε να επιφέρουν παρόμοια

επιβάρυνση τόσο σε προπονημένους όσο και σε απροπόνητους αξιολογούμενους. Σχετικά με τα συμπληρώματα διατροφής, φαίνεται πως αυτά δεν επηρεάζουν τις αποκρίσεις τεστοστερόνης και κορτιζόλης, ενώ αντιφατικά είναι τα δεδομένα σχετικά με αυτές τις αυξητικής ορμόνης. Τα ερευνητικά δεδομένα πάντως που αφορούν το συγκεκριμένο πεδίο είναι ελάχιστα.

Η επιλογή πολυαρθρικών ασκήσεων που κινητοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων, φαίνεται πως ενεργοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τους άξονες διέγερσης των προαναφερθέντων ορμονών, ενώ έπονται οι μονοαρθρικές ασκήσεις που κινητοποιούν τις μικρότερες μυϊκές ομάδες. Με αυτή τη σειρά των ασκήσεων, μάλλον οι μικρές μυϊκές ομάδες, ωφελούνται από ένα αυξημένο αναβολικό περιβάλλον. Τέλος θα ήταν πράγματι ενδιαφέρον να παρατηρηθούν οι αποκρίσεις της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης σε ασκήσεις ολυμπιακών άρσεων, κάτι που στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει.

Οι ορμονικές ανταποκρίσεις, σε σχέση με την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν μόνο δύο μελέτες, οι οποίες έχουν συγκρίνει διαφορετικές ταχύτητες κίνησης και τις ορμονικές ανταποκρίσεις. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών δεν παρουσιάζουν ξεκάθαρα αποτελέσματα, αφού έχουν συγκρίνει αργές ταχύτητες μεταξύ τους. Στη μία εξ' αυτών, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν πρωτόκολλο με μικρότερο όγκο και αργές ταχύτητες, να έχει υψηλότερες αποκρίσεις από πρωτόκολλο υψηλότερου όγκου με γρηγορότερη ταχύτητα, κάτι που έρχεται σε πλήρη αντίθεση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Στην άλλη μελέτη μόνο η IGF-I αποκρίθηκε σημαντικά, συγκρίνοντας δύο αργές ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων.

Φαίνεται λοιπόν ότι τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων είναι ελάχιστα. Οι υπάρχουσες μελέτες παρουσιάζουν δεδομένα που έρχονται σε πλήρη αντίθεση με αυτά τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι οδηγίες που δίνονται σχετικά την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων σε πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας είναι πολύ γενικές και αόριστες. Το συγκεκριμένο θέμα χρειάζεται να μελετηθεί διεξοδικά, συγκρίνοντας γρήγορες και αργές ταχύτητες, γρήγορες ταχύτητες μεταξύ τους, αργές και πολύ αργές κλπ., και τι ανταπόκριση του ορμονικού συστήματος προκαλούν αυτές οι διαφορετικές ταχύτητες. Με αυτό τον τρόπο θα είναι σε θέση η επιστημονική κοινότητα να δώσει πιο ξεκάθαρες απαντήσεις, σχετικά με την βέλτιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων.



### III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### *Δείγμα*

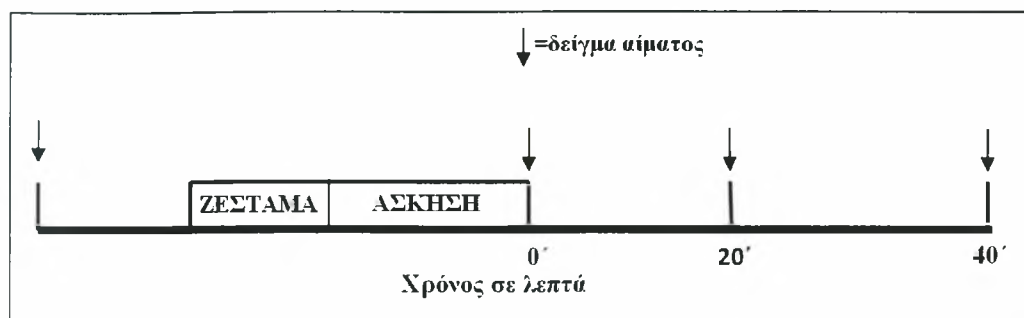
Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά, μετά από ανακοίνωση, 11 υγιείς άρρενες, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Όλοι οι αξιολογούμενοι ήταν αθλητικά ενεργοί με προηγούμενη εμπειρία στην προπόνηση δύναμης, τουλάχιστον για δύο χρόνια. Στους αξιολογούμενους δόθηκαν οδηγίες να συνεχίσουν τη συνηθισμένη φυσική τους δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου, αλλά να μην έχουν εκτελέσει κάποιας μορφής φυσική δραστηριότητα για πέντε ημέρες, πριν από την εκτέλεση των πρωτοκόλλων άσκησης που περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό της μελέτης.

#### *Πειραματικός σχεδιασμός*

Ο πειραματικός σχεδιασμός περιελάμβανε 4 πρωτόκολλα: α) 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων και τερματισμό του σετ μετά από πτώση της ταχύτητας κάτω από το 85% της μέγιστης ταχύτητας για δύο συνεχόμενες επαναλήψεις ( $V_{max}$ ), β) 4 σετ με ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων στο 70% της μέγιστης και εκτέλεση ίσου αριθμού επαναλήψεων σε κάθε σετ με αυτά που πραγματοποιήθηκαν στη συνθήκη  $V_{max}$  έτσι ώστε στις δύο συνθήκες να εκτελεστεί ίσος όγκος άσκησης αλλά με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $70\%V_{max}IO$ ), γ) 4 σετ των 8 επαναλήψεων σε κάθε

**Πίνακας 2.** Χαρακτηριστικά του δείγματος της μελέτης

Δείγμα	n=11 άρρενες
Ηλικία	22,5 ± 3,27 έτη
Ύψος	181 ± 5 εκατοστά
Βάρος	81,6 ± 5,6 κιλά
BMI	24,9 ± 1,57
%ΣΛ	8,9 ± 2,57



**Σχήμα 4.** Ο πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης. Τα βέλη υποδεικνύουν σε ποιες χρονικές στιγμές λήφθηκαν δείγματα αίματος, κατά τη διάρκεια των πειραματικών συνθηκών και της ελέγχου.

άσκηση, με ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων στο 70% της μέγιστης ( $70\%V_{max}$ ) και δ) συνθήκη ελέγχου. Τα πρωτόκολλα εκτελέστηκαν με ενδιάμεσο διάστημα τουλάχιστον πέντε ημερών με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση, εκτός από το πρωτόκολλο  $V_{max}IO$  που εκτελέστηκε μετά από το  $V_{max}$ .

### Μετρήσεις

**10-ME:** Η διαδικασία ξεκινούσε με ζέσταμα, το οποίο περιελάμβανε 5 λεπτά τρέξιμο στο διάδρομο και διατάσεις των κάτω άκρων. Στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν 2 σετ των 10 επαναλήψεων στην άσκηση κάθισμα, με ένα φορτίο το οποίο ήταν στο 50% και 60% της υποκειμενικής μέγιστης ικανότητάς τους. Ο καθορισμός των 10 ME πραγματοποιούνταν σε τέσσερις προσπάθειες (σετ) με διάλειμμα 5 λεπτών μεταξύ των προσπαθειών. Το αρχικό φορτίο επιλέγονταν από τον αξιολογούμενο και αντιστοιχούσε στο 70% του προβλεπόμενου φορτίου των 10ME. Η επιβάρυνση αυξάνονταν σταδιακά κατά 2,5 έως 20 κιλά μέχρι ο αξιολογούμενος να μην μπορεί να ολοκληρώσει τις 10 επαναλήψεις. Όλες οι επαναλήψεις εκτελούνταν με την ίδια ταχύτητα εκτέλεσης και εύρος κίνησης. Το υψηλότερο φορτίο με το οποίο ολοκληρώνονταν επιτυχώς 10 επαναλήψεις, καταγράφονταν ως το φορτίο των 10 ME (Thompson, Gordon & Pescatello 2010).

**Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων:** Η κάθετη μετακίνηση των βαρών σε συνάρτηση με το χρόνο κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κάθισμα και πιέσεις ποδιών μετρήθηκε με έναν κωδικοποιητή γραμμικής μετακίνησης (Ergotest Technology Langesund Norway) ο οποίος ήταν προσαρμοσμένος στη μπάρα και στο μηχανήμα

πιέσεων ποδιών αντίστοιχα. Όταν οι δοκιμαζόμενοι μετακινούσαν τα φορτία ο κωδικοποιητής μετέδιδε σήμα κάθε 3 χιλιοστά μετακίνησης προς έναν A/D μετατροπέα σήματος (Muscle Lab Ergotest Technology; συχνότητα σήματος 100Hz) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab v.6.07). Με βάση το εξωτερικό φορτίο αντίστασης που δινόταν από το χρήστη, υπολογίζονταν από το λογισμικό η μέση ταχύτητα εκτέλεσης, η μέση δύναμη, η μέση ισχύς και η επιτάχυνση κάθε επανάληψης που εκτελούνταν κατά τη σύγκεντρη και έκκεντρη φάση της κίνησης. Το μέγιστο σφάλμα που οφείλετε στο σύστημα μέτρησης υπολογίστηκε, και είναι μικρότερο από 0,3%, 0,9% και 1,2% για τη μέση δύναμη, τη μέση ταχύτητα και τη μέση ισχύ αντίστοιχα, ενώ η αξιοπιστία του βρέθηκε ότι είναι  $r=0,85-0,97$  (Bosco et al, 1995). Το μηχάνημα βαθμονομούνταν πριν κάθε μέτρηση.

*Ορμονική συγκέντρωση:* Η μέτρηση των ορμονών στον ορό έγινε με την ανοσοενζυμική μέθοδο (DRG Instruments GmbH, Germany). Ο συντελεστής επαναληψιμότητας της μεθόδου με αντιδραστήρια της ίδιας συσκευασίας για την αυξητική ορμόνη ήταν από 4,9 – 5,49%, για την τεστοστερόνη 3,34 – 4,16% και για την κορτιζόλη από 4,9–5.4%. Η ευαισθησία της ανάλυσης κορτιζόλης σύμφωνα με τους κατασκευαστές, βρέθηκε να είναι 2,5 ng/mL (6,9 nmol/L). Τα δείγματα του κάθε αξιολογούμενου αναλύθηκαν όλα μαζί με αντιδραστήρια της ίδιας συσκευασίας (εικόνα 10 και 11 παράρτημα Β).

### **Όργανα μέτρησης**

*Κωδικοποιητής σήματος και γραμμικής μετακίνησης:* Η μέτρηση της ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων έγινε με κωδικοποιητή γραμμικής μετακίνησης συνδεδεμένο με μετατροπέα A/D (MuscleLab, Model PFMA 3010a, Ergotest A.S., Langensano, Norway) ο οποίος με τη σειρά ήταν συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07).

*Μηχάνημα εκτέλεσης ασκήσεων με βάρη:* Η άσκηση βαθύ κάθισμα εκτελέστηκε σε μηχάνημα Smith, ενώ για την άσκηση πιέσεις ποδιών, χρησιμοποιήθηκε μηχάνημα incline leg press D. 50 (OEMMEBI Pro Fitness Equipment, Italy).

*Φωτόμετρο:* Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των ορμονών χρησιμοποιήθηκε φωτόμετρο StatFax 2100 (Awareness Technology, Inc. Palm City Florida).

*Φυγόκεντρος:* Για την φυγόκεντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ψυχόμενη φυγόκεντρος Hermle (Z 300 K Labortechnik GmbH Germany).

### *Πειραματική διαδικασία*

Πριν την έναρξη των μετρήσεων οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο και μετρήθηκε το σωματικό ύψος και η σωματική τους μάζα. Επίσης, προσδιορίστηκε η πυκνότητα του σώματός τους από το πάχος των πτυχών του στήθους, της κοιλιάς και του μηρού (Jackson & Pollock, 1978) και κατόπιν υπολογίστηκε το ποσοστό του σωματικού τους λίπους με την εξίσωση των Brozek, Grande, Anderson και Keys (1963). Επιπλέον έγινε λήψη του ιατρικού ιστορικού των εξεταζομένων για πιθανές ορμονικές διαταραχές, στον οποίο δεν διαπιστώθηκε ότι συνέτρεχε λόγος αποκλεισμού κάποιου αξιολογούμενου από τη μελέτη. Στη συνέχεια έγινε εύρεση των σωστών θέσεων κάμψης των γονάτων κατά την έκκεντρη φάση των ασκήσεων, εξοικείωση με τον τρόπο που θα πραγματοποιούνταν το ζέσταμα και με το όριο του 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων, και εύρεση των 10 ΜΕ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών.

Οι ασκήσεις κάθισμα (εικόνα 4 παράρτημα Β) και πιέσεις ποδιών (εικόνα 5 παράρτημα Β) επιλέχθηκαν γιατί ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων. Οι εξεταζόμενοι στην άσκηση κάθισμα λύγιζαν τα γόνατα μέχρι οι μηροί να γίνουν παράλληλοι με το έδαφος, γωνία  $74\pm 5^\circ$  (έκκεντρη φάση), και στη συνέχεια ωθούσαν τεντώνοντας πλήρως τα γόνατα (σύγκεντρη φάση). Στις πιέσεις ποδιών οι δοκιμαζόμενοι βρίσκονταν καθισμένοι στο μηχάνημα και αφού λύγιζαν τα γόνατα, γωνία  $75\pm 3^\circ$  (έκκεντρη φάση), ωθούσαν μέχρι να τεντώσουν πλήρως τα γόνατα (σύγκεντρη φάση). Τόσο στο μηχάνημα Smith όσο και σε αυτό των πιέσεων ποδιών, είχαν τοποθετηθεί ειδικά σημάδια που υποδείκνυαν, στον καθένα δοκιμαζόμενο το σωστό σημείο κάμψης των γονάτων. Το σημείο αυτό ελέγχονταν σε κάθε επανάληψη και τυχόν διαφορές στην κάμψη των γονάτων διορθώνονταν άμεσα. Κατά τη διάρκεια της έκκεντρης φάσης κάθε άσκησης η ταχύτητα εκτέλεσης επιλέγονταν από τον αξιολογούμενο ενώ κατά τη διάρκεια της σύγκεντρης φάσης η ταχύτητα εκτέλεσης ήταν σύμφωνη με το εκάστοτε πρωτόκολλο που εξετάζονταν κάθε φορά.

Για την εκτέλεση των πρωτοκόλλων άσκησης οι δοκιμαζόμενοι προσέρχονταν στο εργαστήριο την ίδια ημέρα και ώρα της εβδομάδας. Αρχικά ξεκουράζονταν για 15 λεπτά στο χώρο του εργαστηρίου και μετά γίνονταν η πρώτη συλλογή αίματος. Στη συνέχεια ξεκινούσε το ζέσταμα το οποίο περιελάμβανε 5 λεπτά τρέξιμο στο διάδρομο και διατάσεις των κάτω άκρων. Μετά το ζέσταμα εκτελούνταν στην άσκηση κάθισμα 2 σετ των 5 επαναλήψεων στο 60% και 80% των 10ΜΕ, με 3 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σετ. Μετά από τη δεύτερη φάση του ζεστάματος εκτελούνταν 3 επαναλήψεις, πρώτα στην άσκηση

πιέσεις ποδιών και μετά από διάλειμμα 4 λεπτών στην άσκηση κάθισμα, με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης για τον καθορισμό της μέγιστης ταχύτητας (μέσος όρος της ταχύτητας των τριών επαναλήψεων) που μπορούσε να εκτελέσει ο κάθε δοκιμαζόμενος την κάθε άσκηση, τη συγκεκριμένη μέρα. Αυτό χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό, ανάλογα με το πρωτόκολλο άσκησης του ορίου του 85% ή 70% της ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων. Μετά από διάλειμμα 4 λεπτών ξεκινούσε η διαδικασία εκτέλεσης του κάθε πρωτοκόλλου. Στη συνθήκη ελέγχου οι δοκιμαζόμενοι προσέρχονταν στο εργαστήριο, και στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα γινόταν μόνο η συλλογή αίματος (Σχήμα 4).

Στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , σε περίπτωση που ο δοκιμαζόμενος δεν ήταν δυνατό να εκτελέσει τουλάχιστον 6 επαναλήψεις σε κάθε σετ η επιβάρυνση μειώνονταν κατά 5% έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση τουλάχιστον 6 επαναλήψεων σε κάθε ένα από τα 4 σετ σε κάθε άσκηση. Κανένας από τους αξιολογούμενους, δεν κατάφερε να εκτελέσει 4 σετ των 8 επαναλήψεων και στις δύο ασκήσεις. Σε τρεις από τους αξιολογούμενους χρειάστηκε να μειωθεί η επιβάρυνση κατά 5%, για να μπορέσουν να εκτελέσουν τουλάχιστον 6 επαναλήψεις σε κάποιο από τα σετ, ενώ σε έναν από τους τρεις χρειάστηκε και δεύτερη μείωση της επιβάρυνσης κατά 5%.

Δείγματα αίματος λήφθηκαν από τη φλέβα της πρόσθιας αγκωνιαίας χώρας, πριν την έναρξη κάθε πρωτοκόλλου (πριν το ζέσταμα), αμέσως μετά το τέλος της εκτέλεσης των ασκήσεων, 20 λεπτά μετά το τέλος εκτέλεσης των ασκήσεων και 40 λεπτά μετά το τέλος της εκτέλεσης των ασκήσεων. Τα δείγματα αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης στον ορό της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης στις προαναφερόμενες χρονικές στιγμές (Σχήμα 4). Η λήψη αίματος έγινε με αποστειρωμένη σύριγγα από έναν καθετήρα τριαύλου (Εικόνα 6 παράρτημα Β), ο οποίος τοποθετούνταν κατά την αρχική αιμοληψία. Μετά το δείγμα αίματος εκχύνονταν σε ειδικά φιαλίδια (φωτογραφία παράρτημα Β 7) και φυγοκεντρούνταν άμεσα σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (Hermle Z300K) στους 4° C για 15 λεπτά στις 2000 στροφές (Εικόνα 9 παράρτημα Β). Κατόπιν, ο ορός τοποθετούνταν σε ειδικά κωδικοποιημένα φιαλίδια (ependorfs) (εικόνα 8 παράρτημα Β) και καταψύχονταν στους -70° C μέχρι να αναλυθεί.

### **Στατιστική Ανάλυση**

Ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των τιμών έγινε με το Shapiro – Wilks τεστ και της ομοιογένειας της διασποράς με το Leneve τεστ. Για τη διερεύνηση της επίδρασης του πρωτοκόλλου άσκησης ( $V_{max}$ , 70% $V_{maxIO}$ , 70% $V_{max}$  και ελέγχου), της χρονικής στιγμής της αιμοληψίας (πριν την εκτέλεση του πρωτοκόλλου, αμέσως μετά, 20

λεπτά μετά και 40 λεπτά μετά το τέλος του) και της αλληλεπίδρασής τους στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Για εντοπισμό των τυχών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

#### IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

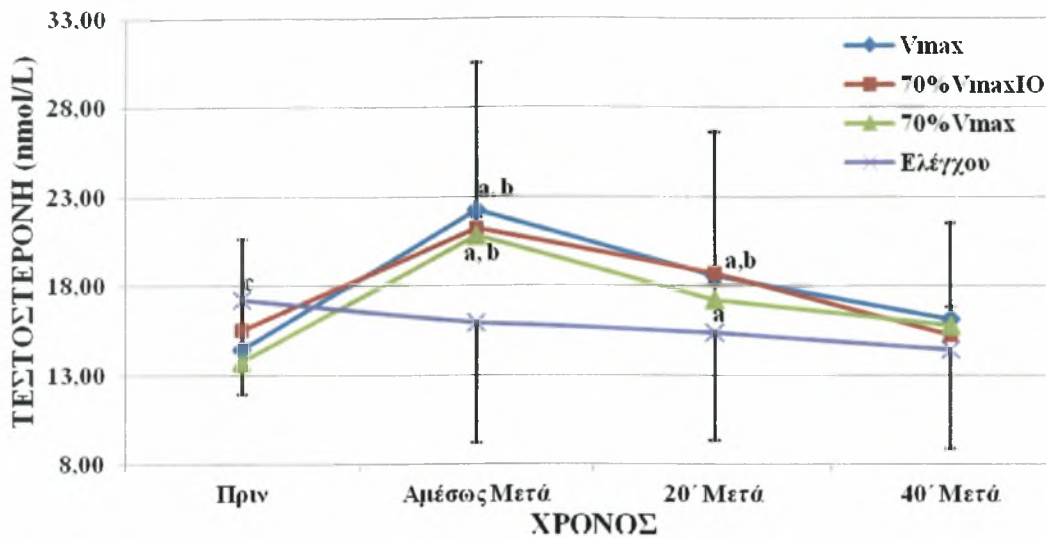
##### *Περιγραφή στατιστικών αναλύσεων για τις μηδενικές υποθέσεις*

Για την απόρριψη ή την αποδοχή των μηδενικών υποθέσεων 1, 2 και 3 χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες (χρονική στιγμή, πρωτόκολλο άσκησης). Για τον εντοπισμό των τυχόν διαφορών μεταξύ των μέσων όρων, χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey με επίπεδο σημαντικότητας το  $p < 0,05$ .

##### *Τεστοστερόνη*

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για εξαρτημένα δείγματα, έδειξε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση της χρονικής στιγμής ( $F_{(3,30)}=17,5$   $p=0,01$ ,  $\eta^2=0,637$ ) και της αλληλεπίδρασης χρονικής στιγμής-πρωτόκολλο άσκησης ( $F_{(9,90)}=5,248$   $p=0,001$   $\eta^2=0,344$ ), αλλά όχι και του πρωτοκόλλου άσκησης ( $F_{(3,30)}=1,01$   $p=0,365$   $\eta^2=0,01$ ).

Και στα τρία πρωτόκολλα άσκησης ( $V_{max}$ ,  $70\%V_{maxIO}$  και  $70\%V_{max}$ ) παρουσιάστηκαν υψηλότερες τιμές τεστοστερόνης ( $p < 0,05$ ) αμέσως μετά και 20 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης σε σύγκριση με τις πριν την έναρξη της άσκησης τιμές (Σχήμα 5). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) 40 λεπτά μετά την άσκηση. Επίσης, στα τρία πρωτόκολλα ήταν υψηλότερες οι τιμές της τεστοστερόνης ( $p < 0,05$ ) αμέσως μετά την άσκηση σε σύγκριση με το πρωτόκολλο ελέγχου. Στα 20 λεπτά μετά την άσκηση μόνο τα πρωτόκολλα  $V_{max}$  και  $70\%V_{maxIO}$  η τεστοστερόνη ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) έναντι της συνθήκης ελέγχου. Τέλος, 40 λεπτά μετά την άσκηση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ( $p > 0,05$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης και ελέγχου. Πριν την έναρξη της άσκησης οι τιμές τεστοστερόνης του πρωτοκόλλου ελέγχου ήταν σημαντικά υψηλότερες ( $p < 0,05$ ) από αυτές του πρωτοκόλλου  $70\%V_{max}$ .



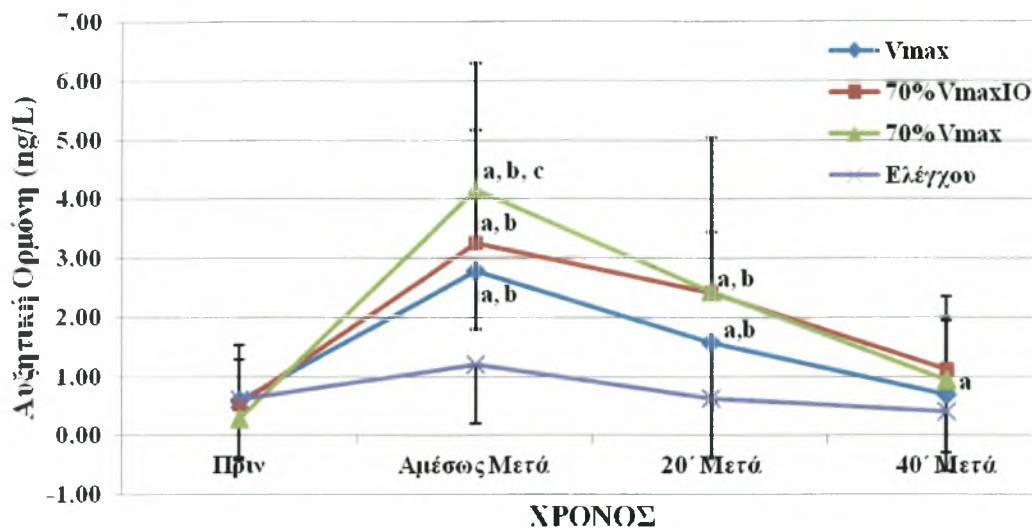
**Σχήμα 5.** Συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, ( $\bar{x} \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης ( $70\%V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ ( $70\%V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο ελέγχου από  $70\%V_{max}$ ).

### Αυξητική Ορμόνη

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για εξαρτημένα δείγματα έδειξε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση του πρωτοκόλλου άσκησης ( $F_{(3,30)}=3,97$   $p=0,02$   $\eta^2=0,28$ ), της χρονικής στιγμής ( $F_{(3,30)}=26,5$   $p=0,001$   $\eta^2=0,73$ ), καθώς και της αλληλεπίδρασής τους ( $F_{(9,90)}=5,11$   $p=0,001$   $\eta^2=0,34$ ).

Και στα τρία πρωτόκολλα άσκησης η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) αμέσως μετά το τέλος της άσκησης και 20 λεπτά μετά την άσκηση έναντι των συγκεντρώσεων πριν την άσκηση καθώς και αυτών που παρατηρήθηκαν στο πρωτόκολλο ελέγχου (Σχήμα 6). Επιπλέον στο πρωτόκολλο  $70\%V_{max}$  οι τιμές αμέσως μετά την άσκηση ήταν υψηλότερες ( $p < 0,05$ ) έναντι του πρωτοκόλλου  $V_{max}$ . Τέλος, 40 λεπτά μετά το πρωτόκολλο  $70\%V_{max}$  οι συγκεντρώσεις ήταν υψηλότερες ( $p < 0,05$ ) συγκριτικά με πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου. Αντίθετα 40 λεπτά μετά από την εκτέλεση των πρωτοκόλλων  $V_{max}$  και  $70\%V_{maxIO}$  οι συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης δε διέφεραν ( $p < 0,05$ ) από τις συγκεντρώσεις πριν από την έναρξή τους.



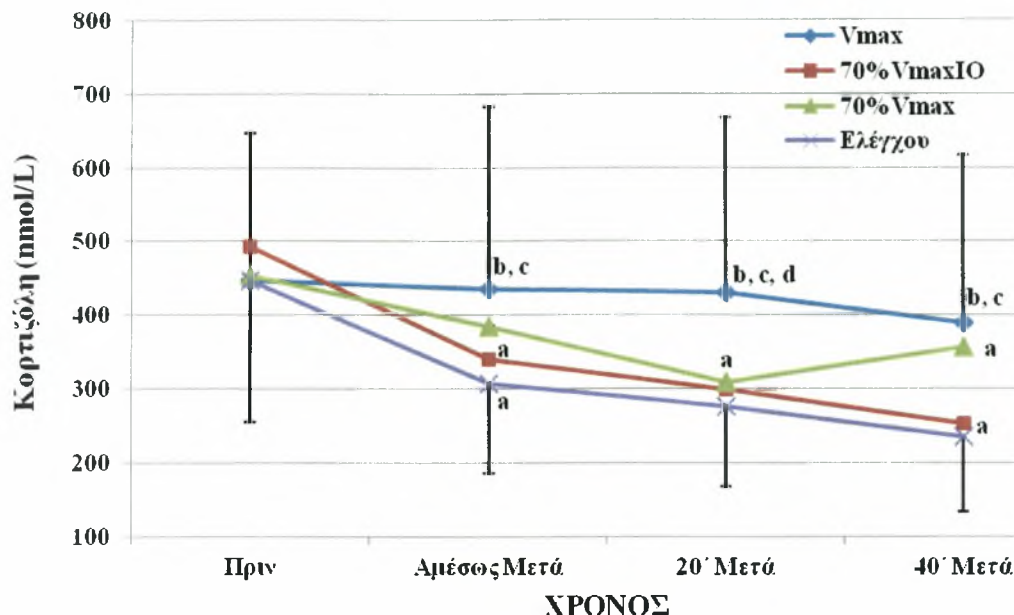


**Σχήμα 6.** Συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης, ( $x \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης (70% $V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ (70% $V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο 70% $V_{max}$  από  $V_{max}$ ).

### Κορτιζόλη

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για εξαρτημένα δείγματα έδειξε σημαντική επίδραση των πρωτοκόλλων άσκησης ( $F_{(3,30)}=4,84$   $p=0,01$   $\eta^2=0,33$ ), της χρονικής στιγμής ( $F_{(3,30)}=12,01$   $p=0,001$   $\eta^2=0,55$ ), καθώς και της αλληλεπίδρασής τους ( $F_{(9,90)}=3,31$   $p=0,001$   $\eta^2=0,25$ ).

Στο πρωτόκολλο  $V_{max}$  δεν παρατηρήθηκαν ( $p < 0,05$ ) μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης (Σχήμα 7). Στα πρωτόκολλα 70% $V_{max}$ , 70% $V_{maxIO}$  και ελέγχου παρατηρήθηκε μείωση των συγκεντρώσεων της κορτιζόλης ( $p < 0,05$ ) και οι τιμές αμέσως μετά, 20 λεπτά μετά και 40 λεπτά μετά το τέλος τους ήταν χαμηλότερες συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις πριν την έναρξη της άσκησης. Επίσης στα πρωτόκολλα 70% $V_{maxIO}$  και ελέγχου οι συγκεντρώσεις της κορτιζόλης αμέσως μετά, 20 λεπτά μετά και 40 λεπτά μετά το τέλος τους ήταν χαμηλότερες ( $p < 0,05$ ) συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ . Επίσης, χαμηλότερη ( $p < 0,05$ ) ήταν και η συγκέντρωση της κορτιζόλης 20 λεπτά μετά το πρωτόκολλο 70% $V_{max}$  έναντι του πρωτοκόλλου  $V_{max}$ .



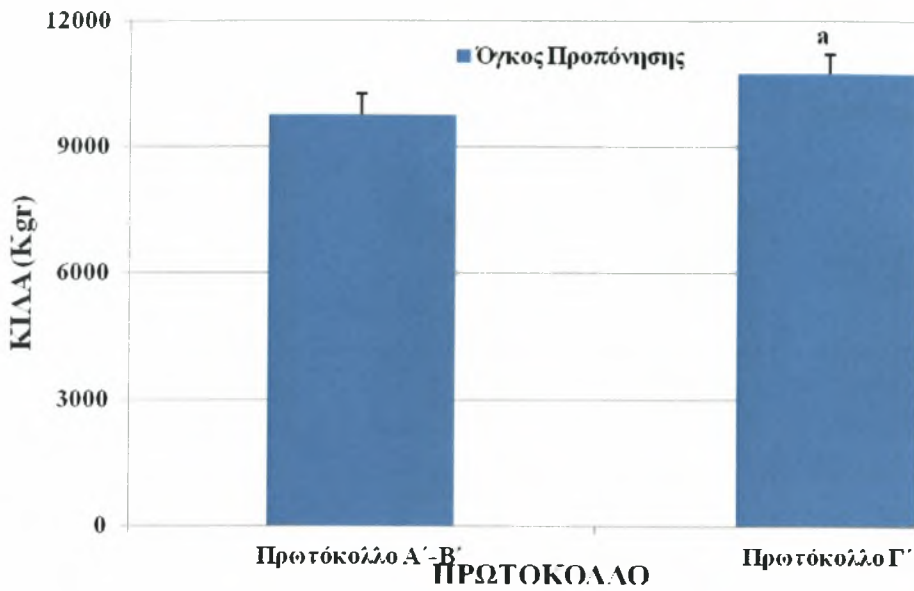
**Σχήμα 7.** Συγκεντρώσεις κορτιζόλης, ( $x \pm SD$ ) πριν και μετά την εκτέλεση 4 σετ στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ( $V_{max}$ ), 70% της μέγιστης ταχύτητας και ίσο όγκο προπόνησης (70% $V_{maxIO}$ ) όπως στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ , 70% της μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης και ολοκλήρωση 8 επαναλήψεων σε κάθε σετ (70% $V_{max}$ ), και πρωτόκολλο ελέγχου. (a  $p < 0,05$  από πριν την άσκηση, b  $p < 0,05$  από πρωτόκολλο ελέγχου, c  $p < 0,05$  πρωτόκολλο  $V_{max}$  από 70% $V_{maxIO}$ , d  $p < 0,05$  πρωτόκολλο  $V_{max}$  από 70% $V_{max}$ ).

### Όγκος προπόνησης

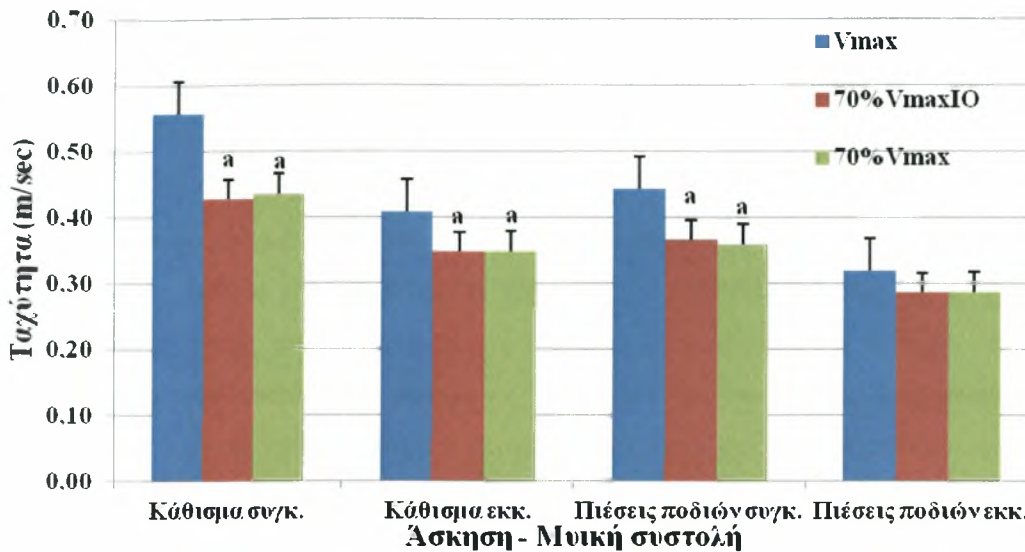
Ο μέσος όγκος των πρωτοκόλλων  $V_{max}$  και 70% $V_{maxIO}$  ήταν  $9781,4 \pm 2633,9$  κιλά και του πρωτοκόλλου 70% $V_{max}$   $10742,9 \pm 2605,6$  κιλά (Σχήμα 8). Η διαφορά ήταν  $10,6 \pm 8,5\%$ , η οποία είναι στατιστικά σημαντική ( $t=3,96$   $p=0,003$  δίπλευρος έλεγχος).

### Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων

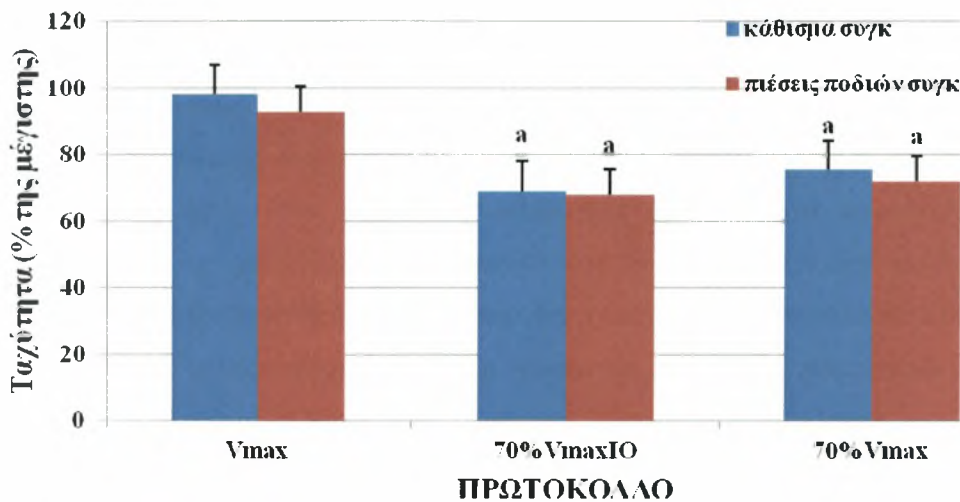
Η μέση ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στο πρωτόκολλο  $V_{max}$  σε σύγκριση με το πρωτόκολλο 70% $V_{maxIO}$  και του πρωτοκόλλου 70% $V_{max}$  στη σύγκεντρη και έκκεντρη φάση της άσκησης κάθισμα, καθώς και στη σύγκεντρη φάση στην άσκηση πιέσεις ποδιών. Στην έκκεντρη φάση της άσκησης πιέσεις ποδιών, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές ( $p < 0,05$ ) στην ταχύτητα εκτέλεση των επαναλήψεων στα τρία πρωτόκολλα άσκησης (Σχήμα 9).



**Σχήμα 8.** Όγκος προπόνησης, ( $\bar{x} \pm SD$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων  $V_{max}$  (Α) και  $70\%V_{maxIO}$  (Β) στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του  $70\%V_{max}$  (Γ) στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. ( $a p < 0,05$  πρωτόκολλο  $70\%V_{max}$  από  $V_{max}$  και  $70\%V_{maxIO}$ ).



**Σχήμα 9.** Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, ( $x \pm SD$ ) στα πρωτόκολλα Vmax και 70%VmaxIO στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70%Vmax στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. ( $a p < 0,05$  πρωτόκολλο Vmax από 70%Vmax και 70%VmaxIO).



**Σχήμα 10.** Ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ως ποσοστό της μέγιστης, ( $x \pm SD$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων Vmax και 70%VmaxIO στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70%Vmax στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. ( $a p < 0,05$  πρωτόκολλο Vmax από 70%Vmax και 70%VmaxIO).

Επίσης η μέση ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων ως ποσοστό της μέγιστης (Σχήμα 10), έδειξε ότι ήταν σημαντικά υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στη σύγκριση των ασκήσεων κάθισμα και πιέσεις ποδιών στο πρωτόκολλο Vmax ( $98,31 \pm 7,1\%$  και

92,9±8,09%) σε σύγκριση με τα πρωτόκολλα 70%VmaxIO (69,24±2,71% και 67,98±2,76%) και 70%Vmax (75,56±6,22% και 71,93±5,67%).

### *Χρόνος τάσης, ισχύς, δύναμη*

Ο μέσος χρόνος τάσης για μια επανάληψη (σύγκεντρη και έκκεντρη φάση) τόσο στην άσκηση πιέσεις ποδιών, όσο και στην άσκηση κάθισμα, καθώς και ο συνολικός μέσος χρόνος τάσης για μια επανάληψη και στις δύο ασκήσεις δε διέφερε σημαντικά ( $p<0,05$ ) στα τρία πρωτόκολλα άσκησης (Πίνακας 3). Επίσης, ο συνολικός μέσος χρόνος τάσης στην άσκηση κάθισμα (σετ x επαναλήψεις), όσο και ο μέσος συνολικός χρόνος τάσης και για τις δύο ασκήσεις, δε διέφεραν σημαντικά ( $p<0,05$ ) μεταξύ των τριών πρωτοκόλλων άσκησης. Μόνο στην άσκηση πιέσεις ποδιών, ο μέσος συνολικός χρόνος τάσης βρέθηκε σημαντικά υψηλότερος ( $p<0,05$ ) στο πρωτόκολλο 70%Vmax, έναντι των πρωτοκόλλων Vmax και 70%VmaxIO, ενώ μεταξύ των δύο τελευταίων πρωτοκόλλων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές ( $p<0,05$ ).

Η μέση ισχύς κατά τη σύγκεντρη φάση των ασκήσεων πιέσεις ποδιών και κάθισμα, όσο και η συνολική μέση ισχύς ήταν σημαντικά υψηλότερη ( $p<0,05$ ) στο πρωτόκολλο Vmax, συγκριτικά με τα πρωτόκολλα 70%VmaxIO και 70%Vmax, τα οποία δε διέφεραν ( $p<0,05$ ) μεταξύ τους.

Η μέση δύναμη στην άσκηση κάθισμα, καθώς και η συνολική μέση δύναμη κατά τη σύγκεντρη φάση ήταν στατιστικά υψηλότερη ( $p<0,05$ ) στο πρωτόκολλο Vmax συγκριτικά με τα πρωτόκολλα 70%VmaxIO και 70%Vmax, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές ( $p<0,05$ ) μεταξύ των δύο τελευταίων πρωτοκόλλων. Στην άσκηση πιέσεις ποδιών, η μέση δύναμη κατά τη σύγκεντρη φάση ήταν στατιστικά υψηλότερη ( $p<0,05$ ) στο πρωτόκολλο Vmax έναντι μόνο του πρωτοκόλλου 70%Vmax.

**Πίνακας 3:** Χρόνος τάσης, συνολικός χρόνος τάσης, ισχύς και δύναμη, ( $x\pm SD$ ) μεταξύ των πρωτοκόλλων Vmax και 70%VmaxIO στα οποία πραγματοποιήθηκε ίσος όγκος προπόνησης και του 70%Vmax στο οποίο πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 8 επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. (\*  $p<0,05$  πρωτόκολλο Vmax από 70%Vmax και 70%VmaxIO, #  $p<0,05$  πρωτόκολλο 70%Vmax από Vmax και 70%VmaxIO).

	Vmax	70%VmaxIO	70%Vmax
<b>Χρόνος σε τάση 1 επανάληψης (δευτ.)</b>			
Πιέσεις ποδιών σύγκεντρα	1,71±0,22	1,66±0,24	1,71±0,22
Κάθισμα σύγκεντρα	1,77±0,23	1,80±0,39	1,91±0,33

Πιέσεις ποδιών + Κάθισμα σύγκ.	3,48±0,43	3,46±0,61	3,62±0,50
<b>Συνολικός χρόνος σε τάση</b>			
<b>(σετ x επαν.), (δευτ)</b>			
Πιέσεις ποδιών σύγκεντρα	48,46±8,08 <sup>#</sup>	48,10±6,22 <sup>#</sup>	54,49±7,14
Κάθισμα σύγκεντρα	54,96±7,06	56,52±12,37	60,97±10,39
Πιέσεις ποδιών + Κάθισμα σύγκ.	103,42±13,70	104,61±18,08	115,46±16,08
<b>Ισχύς (Watt)</b>			
Πιέσεις ποδιών σύγκεντρα	1037,9±206,9	854,4±215,3*	820,9±177,4*
Κάθισμα σύγκεντρα	626±187,2	475,1±171,8*	481,9±145,6*
Πιέσεις ποδιών + Κάθισμα σύγκ.	1663,9±383,7	1329,5±383,6*	1302,8±312,6*
<b>Δύναμη (Newton)</b>			
Πιέσεις ποδιών σύγκεντρα	2387,9±608,1	2371,3±619,9	2360,9±599*
Κάθισμα σύγκεντρα	1116,6±261,4	1099,9±267,5*	1096,8±259,6*
Πιέσεις ποδιών + Κάθισμα σύγκ.	3504,5±849,8	3471,2±870,5*	3457,7±841,8*

## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης, ήταν να εξετάσει τυχόν διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης, μετά την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου άσκησης με βάρη με διαφορετικές ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων. Ποιο συγκεκριμένα μετά από την εκτέλεση των επαναλήψεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα καθώς και μετά από εκτέλεση με το 70% της μέγιστης ταχύτητας, με και χωρίς εξίσωση του όγκου προπόνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εκτέλεση του προγράμματος με μέγιστη και υπομέγιστη ταχύτητα (70% της μέγιστης) επέφερε παρόμοιες μεταβολές στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης. Ωστόσο, η εκτέλεση με μέγιστη ταχύτητα είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη απόκριση της κορτιζόλης, υποδεικνύοντας ότι με αυτή τη μορφή, η άσκηση στρεσάρει σε μεγαλύτερο βαθμό τον οργανισμό. Αντίθετα, η εκτέλεση με υπομέγιστη ταχύτητα και ελαφρά υψηλότερο όγκο προπόνησης επέφερε υψηλότερη απόκριση της αυξητικής ορμόνης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δε συμφωνούν με αυτά των Headley και συν. (2010), οι οποίοι συγκρίνοντας δύο αργές ταχύτητες (2/0/2 και 2/0/4) δεν παρατήρησαν μεταβολές στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης παρόλο που το συνολικό έργο το οποίο πραγματοποιήθηκε ήταν υψηλότερο, όταν η άσκηση πραγματοποιήθηκε με τη γρηγορότερη ταχύτητα εκτέλεσης. Στη συγκεκριμένη μελέτη όμως χρησιμοποιήθηκε μία άσκηση των άνω άκρων, οι πιέσεις πάγκου. Η συγκεκριμένη άσκηση χρησιμοποιήθηκε επίσης από τον Uchida και συν. (2009) σε προπονημένους δοκιμαζόμενους, χωρίς να διαπιστωθεί σημαντική αύξηση των επιπέδων τεστοστερόνης στο πρωτόκολλο υπερτροφίας το οποίο εξέτασαν. Οι ερευνητές εξήγησαν ότι πιθανώς αυτό να οφείλεται στο σχετικά μικρό συνολικό όγκο προπόνησης που πραγματοποιήθηκε ή τη μικρή μυϊκή μάζα που ενεργοποιήθηκε από την άσκηση που χρησιμοποιήθηκε. Τα αποτελέσματα των δύο ανωτέρω μελετών φαίνεται να συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι ο μικρός όγκος προπόνησης και η μικρή μυϊκή μάζα που ενεργοποιήθηκε ίσως είναι ο καθοριστικός παράγοντας, για τον οποίο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις εξεταζόμενες ορμόνες. Επίσης ενισχύουν τα συμπεράσματα του Vingren και συν. (2010) οι οποίοι αναφέρουν ότι η συμμετοχή μεγάλων μυϊκών

ομάδων επιτρέπει την πραγματοποίηση μεγαλύτερου συνολικού όγκου προπόνησης. Αυτό κινητοποιεί τη συμμετοχή μεγαλύτερου ποσοστού μυϊκής μάζας και έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση αποκρίσεων στην άσκηση αντιστάσεων.

Σε πλήρη αντίθεση με τα αποτελέσματα της δικής μας μελέτης βρίσκονται εκείνα του Goto και συν. (2008) οι οποίοι μελετώντας μια γρήγορη (1:1) και μια αργή (3:3) ταχύτητα εκτέλεσης, διαπίστωσαν σημαντικές αυξήσεις της τεστοστερόνης και αυξητικής ορμόνης με την αργή ταχύτητα εκτέλεσης. Ένα σημαντικό στοιχείο της ανωτέρω μελέτης είναι ότι ο συνολικός όγκος προπόνησης στη γρήγορη ταχύτητα ήταν σημαντικά υψηλότερος συγκριτικά με την αργή ταχύτητα εκτέλεσης. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας, που δείχνουν ότι ο υψηλότερος όγκος προπόνησης φαίνεται πως είναι καθοριστικής σημασίας παράγοντας και για την υψηλότερη συγκέντρωση των ορμονών στην κυκλοφορία (Ratamess et al., 2005; Smilios et al., 2003; Gotshalk et al., 1997; Hakkinen & Pakarinen, 1993). Τέλος να σημειώσουμε ότι στη συγκεκριμένη μελέτη δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωση κορτιζόλης. Οι διαφορές οι οποίες παρατηρούνται στις μελέτες των Headley και συν. (2010) και Goto και συν. (2008), μπορούν να εξηγηθούν εν μέρει από τις διαφορές που παρατηρούνται στον όγκο προπόνησης, τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μελέτη, καθώς και από το εύρος των εξεταζόμενων ταχυτήτων. Αν το εύρος των ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν και στη δική μας μελέτη ήταν διαφορετικό, τότε ίσως οι αποκρίσεις τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης να παρουσίαζαν διαφορετική ανταπόκριση.

Στην παρούσα μελέτη οι αποκρίσεις τεστοστερόνης, δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης, με διαφορετικές ταχύτητες. Ο Goto και συν. (2008) διαπίστωσαν σημαντικά υψηλότερες αποκρίσεις της ελεύθερης τεστοστερόνης στο πρωτόκολλο με την αργή ταχύτητα (3:3) παρά το μικρότερο όγκο προπόνησης. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα στα οποία αναφέρεται ότι πρωτόκολλα με μεγαλύτερο όγκο προπόνησης έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποκρίσεις τεστοστερόνης. Μία πιθανή εξήγηση ίσως είναι ότι η ανταπόκριση τεστοστερόνης μπορεί να ευνοείται από τη γρηγορότερη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Έτσι μικρότερος όγκος προπόνησης αλλά με γρήγορη ταχύτητα εκτέλεσης μπορεί να ευνοεί την έκκριση τεστοστερόνης ή ο ρυθμός παραγωγής του έργου να έχει ως αποτέλεσμα παρόμοιες αποκρίσεις σε σύγκριση με μεγαλύτερο όγκο προπόνησης και υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Μια άλλη πιθανή εξήγηση, έχει να κάνει με την ενεργοποίηση του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες. Από μελέτες σε



ποντίκια έχει προταθεί και ένα μονοπάτι ταχείας απελευθέρωσης τεστοστερόνης, το υποθάλαμος-γονάδες μέσω των κατεχολαμινών (James, Rivier & Lee, 2008; Selvage et al., 2004; Selvage & Rivier, 2003; Anakwe & Moyer, 1984). Οι κατεχολαμίνες εκκρίνονται από τον μυελό των επινεφριδίων ως απόκριση στο στρες της άσκησης αντιστάσεων (Goto et al., 2008; Kraemer et al., 1999). Στη μελέτη μας η εκτέλεση των επαναλήψεων με μέγιστη ταχύτητα, είχε ως αποτέλεσμα να στρεσάρει σε μεγάλο βαθμό τον οργανισμό των αξιολογουμένων, όπως φαίνεται από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης που παρατηρήθηκαν αμέσως μετά το τέλος της άσκησης. Οι Sapolsky, Romero και Munck, (2000), αναφέρουν ότι δευτερόλεπτα μετά από ένα έντονο στρεσογόνο ερέθισμα παρατηρούνται αυξημένες εκκρίσεις κατεχολαμινών στον οργανισμό. Αν το μονοπάτι υποθάλαμος-γονάδες πράγματι υφίσταται και λειτουργεί στον ανθρώπινο οργανισμό, αυτό σημαίνει ότι μερικά λεπτά μετά την έναρξη της άσκησης με γρήγορη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, η συγκέντρωση τεστοστερόνης στην κυκλοφορία θα είναι ήδη αυξημένη. Έτσι, αυτή η γρήγορη απελευθέρωση τεστοστερόνης σε συνδυασμό (προσθετικά) με τη μετέπειτα αργή απελευθέρωση προερχόμενη από το μονοπάτι υποθάλαμος-υπόφυση-γονάδες μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τις παρόμοιες ανταποκρίσεις τεστοστερόνης που παρατηρήθηκαν μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερα ερευνητικά δεδομένα για να διαπιστωθεί αν όντως υφίσταται ένας τέτοιος γρήγορος μηχανισμός απελευθέρωσης της τεστοστερόνης ο οποίος ενεργοποιείται σε έντονα στρεσογόνες καταστάσεις όπως η μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων.

Η ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης παρουσίασε διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με αυτά της τεστοστερόνης. Εδώ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων  $V_{max}$  και  $70\%V_{max}$ . Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τη μελέτη των Goto και συν. (2008), μόνο όμως ως προς την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων όπου με την αργή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες αποκρίσεις αυξητικής ορμόνης. Κατά τα άλλα αντίθετα με τα αποτελέσματα του Goto και συν. (2008), όπου το πρωτόκολλο με το μικρότερο συνολικό όγκο προπόνησης παρουσίασε υψηλότερες συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης στην κυκλοφορία, στη δική μας μελέτη υψηλότερες αποκρίσεις αυξητικής ορμόνης παρατηρήθηκαν στο πρωτόκολλο  $70\%V_{max}$  στο οποίο ο όγκος προπόνησης ήταν υψηλότερος κατά 10,6%. Οι παρατηρήσεις αυτές συμφωνούν με τα ευρήματα μελετών όπου μεγαλύτερος όγκος προπόνησης, είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποκρίσεις αυξητικής ορμόνης συγκριτικά με πρωτόκολλα χαμηλότερου όγκου (Smilios et al., 2003; Gotshalk et al., 2003; Hakkinen

& Pakarinen, 1993). Από τα ανωτέρω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι πρωτόκολλα με υψηλό όγκο προπόνησης και υπομέγιστη ταχύτητα, είναι πιθανόν ο ιδανικός συνδυασμός άσκησης, ο οποίος διεγείρει τον άξονα αυξητική ορμόνη-ινσουλινομορφος αυξητικός παράγοντας (IGF-I), που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις αυξητικής ορμόνης στην κυκλοφορία.

Η κορτιζόλη στην παρούσα μελέτη παρουσίασε σημαντικά υψηλότερες αποκρίσεις στο πρωτόκολλο Vmax, ενώ στα πρωτόκολλα 70%VmaxIO και 70%Vmax δεν παρατηρήθηκε κάποια μεταβολή συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου. Ο Headley και συν. (2010) δεν παρατήρησαν κάποια μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στις ταχύτητες οι οποίες μελετήθηκαν, και υπήρχε τροποποίηση μόνο στην έκκεντρη φάση της κίνησης. Αντίθετα, ο Goto και συν. (2008) αναφέρουν υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης με την αργή ταχύτητα (3:3) την οποία εξέτασαν, στην οποία όπως αναφέρθηκε και παραπάνω πραγματοποιήθηκε και στατιστικά μικρότερος όγκος προπόνησης. Οι διαφορές αυτές θα μπορούσαν να αποδοθούν στις διαφορετικές ταχύτητες και φορτία που χρησιμοποιήθηκαν στη δική μας μελέτη σε σύγκριση με αυτές τις μελέτες.

Η κορτιζόλη θεωρείται ότι είναι η ορμόνη του στρες, και συνήθως παρατηρείται υψηλή συγκέντρωσή της στην κυκλοφορία μετά την εκτέλεση πρωτοκόλλων υψηλού όγκου και έντασης με μικρής διάρκειας διαλλείματα σε συνδυασμό με υψηλό μεταβολικό στρες (Crewther et al., 2011; McCaulley et al., 2009; Ahtiainen et al., 2003; Smilios et al., 2003; Raastad, Bjoro & Hallen, 2000). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δε συμφωνούν με τα ανωτέρω δεδομένα της βιβλιογραφίας όσον αφορά τον υψηλό όγκο της άσκησης, αφού το πρωτόκολλο Vmax με μικρότερο όγκο προπόνησης κατά 10,6% είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης συγκριτικά με το πρωτόκολλο 70%Vmax στο οποίο δεν παρατηρήθηκε κάποια μεταβολή αναφορικά με το πρωτόκολλο ελέγχου.

Η ένταση της άσκησης φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στις συγκεντρώσεις κορτιζόλης. Ο Ahtiainen και συν. (2003) όταν σύγκριναν δύο πρωτόκολλα ίσου όγκου αλλά διαφορετικής έντασης, διαπίστωσαν ότι στο πρωτόκολλο με την υψηλότερη ένταση η συγκέντρωση κορτιζόλης ήταν υψηλότερη συγκριτικά με το πρωτόκολλο χαμηλότερης έντασης. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα του Raastad και συν. (2000) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι το πρωτόκολλο με την υψηλότερη ένταση, 100% των 3 και 6 ME, είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις κορτιζόλης, σε σχέση με το αντίστοιχο πρωτόκολλο στο 70% της μέγιστης δύναμης. Αυτό ίσως οφείλεται στο ότι η κορτιζόλη φαίνεται να έχει υψηλότερη καταβολική επίδραση στις μυϊκές ίνες τύπου II (Komi, 2003),

οι οποίες σύμφωνα με την αρχή της εκλεκτικής επιστράτευσης των μυϊκών ινών ενεργοποιούνται με την αύξηση της επιβάρυνσης ή της έντασης της άσκησης. Στη μελέτη μας η εκτέλεση του πρωτοκόλλου Vmax πραγματοποιούνταν με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, που σημαίνει πιθανά υψηλό επίπεδο ενεργοποίησης των μυϊκών ινών τύπου II.

Μία επίσης σημαντική δράση των γλυκοκορτικοειδών έχει να κάνει με τοπικούς και συστημικούς φλεγμονώδεις μηχανισμούς που σχετίζονται με τη μεσολάβηση κυτοκινών για την έκκριση κορτιζόλης μέσω του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια (Smith, 2000). Ο μεγάλος όγκος προπόνησης ή η υψηλή ένταση που ενεργοποιεί τις μυϊκές ίνες τύπου II, οδηγεί σε μικροτραυματισμούς του μυός, που μπορούν να οδηγήσουν σε τοπική, χρόνια και συστημική φλεγμονώδη κατάσταση, η οποία φαίνεται ότι τελικά ενεργοποιεί τον άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια και την επακόλουθη γρήγορη αύξηση των συγκεντρώσεων κορτιζόλης για την επιδιόρθωση και αναδιαμόρφωση του μυϊκού ιστού (Smith, 2000).

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι για την ενεργοποίηση του άξονα υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια, απαιτείται υψηλός όγκος προπόνησης, με μικρά σε διάρκεια διαλλείματα ή ένα κατώφλι στον όγκο προπόνησης το οποίο πρέπει να επιτευχθεί (Smilios et al., 2003), ή υψηλή ένταση για την ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου II, το οποίο θα επιφέρει και υψηλό μεταβολικό στρες στον οργανισμό. Η μελέτη μας έδειξε ότι πιθανόν και η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων να επιδρά στην ενεργοποίηση του άξονα, αφού παρατηρούμε ότι με γρήγορη ταχύτητα (>85%) οι συγκεντρώσεις της κορτιζόλης στην κυκλοφορία παραμένουν σε υψηλά επίπεδα συγκρινόμενα με αυτά της συνθήκης ελέγχου. Δυστυχώς στη μελέτη μας, δεν κατέσται δυνατό να μετρήσουμε τις τιμές του γαλακτικού κατά τη διάρκεια των διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης και με αυτό τον τρόπο να συγκρίνουμε και την επίδραση του μεταβολικού στρες στις ανταποκρίσεις των ορμονών, οι οποίες μελετήθηκαν.

Μία σημαντική καινοτομία της παρούσας μελέτης, ήταν η μη χρησιμοποίηση συγκεκριμένων χρονικών περιόδων για την εκτέλεση των επαναλήψεων (1, 2 κλπ. δευτερόλεπτα), τόσο στη σύγκεντρη όσο και στην έκκεντρη φάση της κίνησης. Για την εκτέλεση των επαναλήψεων, η ταχύτητα ομαλοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέγιστη ταχύτητα του κάθε ατόμου να εκτελέσει την κίνηση κατά τη σύγκεντρη μόνο φάση της κίνησης. Με βάση αυτή την ταχύτητα, η οποία μετρούνταν πριν την έναρξη κάθε πρωτοκόλλου, πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις με τη μέγιστη ταχύτητα, και το 70% της μέγιστης ταχύτητας κίνησης. Η έκκεντρη φάση πραγματοποιούνταν από τον αξιολογούμενο με την

ταχύτητα που εκείνος θεωρούσε κατάλληλη σε κάθε επανάληψη. Αυτό θεωρήθηκε αναγκαίο, διότι κατά την έκκεντρη φάση αν οι αξιολογούμενοι χρησιμοποιούσαν τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης που μπορούσαν, το πιθανότερο θα ήταν να μην καταφέρουν να υπερνικήσουν την αντίσταση στο τέλος της έκκεντρης φάσης και έτσι να μην πραγματοποιούνταν ολοκληρωμένες οι επαναλήψεις και τα σετ. Επίσης υπήρχε αυξημένος κίνδυνος τραυματισμού τους. Στη μελέτη μας η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων κυμάνθηκε μεταξύ 0,6 έως 1,2 δευτερόλεπτα, η οποία θεωρείται ότι είναι μέσα στο όριο των γρήγορων ταχυτήτων κίνησης (Ratamess et al., 2009). Η υπομέγιστη ταχύτητα που χρησιμοποιήθηκε και ήταν περίπου στο 70% της μέγιστης, αναφέρθηκε από τους αξιολογούμενους ως εκείνη η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιούν τις άρσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησής τους. Οι μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα και έχουν συγκρίνει διαφορετικές ταχύτητες κίνησης σε δυναμικές μορφές άσκησης, είχαν χρησιμοποιήσει συγκεκριμένες χρονικές περιόδους για την εκτέλεση των επαναλήψεων (Goto et al., 2008; Hunter et al., 2003; Hatfield et al., 2006; Munn et al., 2005; Neils et al., 2005). Αυτό συνέβη είτε λόγω έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού, αφού η μέτρηση της ταχύτητας κίνησης γίνονταν με μετρονόμους, χρονόμετρα, κασέτα είτε ακολουθώντας τις συστάσεις του Ken Hutchins (1992) ο οποίος πρώτος προτείνει πολύ αργή εκτέλεση των επαναλήψεων, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες χρονικές περιόδους για την εκτέλεση της ταχύτητας κίνησης (10 δευτερόλεπτα έκκεντρα και 5 δευτερόλεπτα σύγκεντρα). Όποια πάντως και αν είναι η εξήγηση, αυτό που έχει σημασία είναι ότι μέχρι τώρα οι μελέτες που αφορούν την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων είχαν τον παραπάνω σχεδιασμό. Πλέον προτείνεται και ένας σχεδιασμός με βάση τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης με την οποία μπορεί ο αξιολογούμενος να εκτελέσει την κίνηση τη συγκεκριμένη στιγμή. Θα ήταν αρκετά ενδιαφέρον από επιστημονικής και πρακτικής πλευράς, μελλοντικές μελέτες να εξετάσουν τις ορμονικές αποκρίσεις σε πρωτόκολλο μυϊκής υπερτροφίας χρησιμοποιώντας διαφορετικές ταχύτητες από αυτές που εξετάσαμε εμείς, όπως στο 80%, το 60%, το 40% γιατί όχι και στο 10% της μέγιστης ταχύτητας. Άλλωστε και σε άλλες μεταβλητές της προπονητικής διαδικασίας όπως π.χ. η εύρεση της έντασης εκφράζεται ως ποσοστό των μέγιστων επαναλήψεων (1ME ή 5ME κλπ.).

Εξετάζοντας τα κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά της κίνησης ο Crewther και συν. (2005) αναφέρουν ότι όταν εξετάζεται μία μόνο επανάληψη δεν υπάρχει αμφιβολία ότι βαρύτερα φορτία αναπτύσσουν καλύτερα τη δύναμη και την υπερτροφία, αφού μεγιστοποιούν την παραγωγή δύναμης, το χρόνο σε τάση, το έργο και το χρόνο ώθησης. Αντίθετα, όταν εξετάζεται η απόκριση σε ένα ή περισσότερα σετ, παρατηρούνται

μεγαλύτερα κινηματικά και κινητικά χαρακτηριστικά (συνολική δύναμη, συνολικός χρόνος σε τάση, συνολικό έργο και συνολική ισχύς) χρησιμοποιώντας ελαφρά φορτία, όταν εξισώνεται ο όγκος προπόνησης. Υπό αυτές τις συνθήκες, το μέγεθος του φορτίου φαίνεται να είναι λιγότερο σημαντικό, από τον όγκο του φορτίου που υπερνικάτε για τον καθορισμό της μηχανικής απόκρισης στην άσκηση αντιστάσεων. Με αυτά τα δεδομένα συμφωνεί και η μελέτη των Mohamad, Cronin και Nosaka (2012) οι οποίοι σύγκριναν τα κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά μιας επανάληψης και ολόκληρης της περιόδου άσκησης, ενός πρωτοκόλλου με υψηλά φορτία (70% 1ME) και αργή ταχύτητα και ενός με ελαφρά φορτία (35% 1ME) και γρήγορη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι συγκρίνοντας μία επανάληψη, στο πρωτόκολλο με τα ελαφρά φορτία εκτός από τη μέγιστη ισχύ, σε κανένα άλλο στοιχείο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά υψηλότερες τιμές, συγκριτικά με το πρωτόκολλο με το υψηλό φορτίο, το οποίο υπερτερούσε σημαντικά στο χρόνο σε τάση, στη μέγιστη δύναμη, τη μέση ισχύς, και το συνολικό έργο τόσο στη σύγκεντρη, όσο και την έκκεντρη φάση της κίνησης. Αντίθετα όταν εξετάστηκε ολόκληρη η περίοδος άσκησης οι τιμές του συνολικού χρόνου τάσης, της συνολικής μέγιστης δύναμης, μέσης ισχύος, μέγιστης ισχύος και του συνολικού έργου ήταν υψηλότερες με τα ελαφρά φορτία ενώ με τα βαριά φορτία υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν μόνο στη συνολική ώθηση. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μια εναλλακτική λύση για την πρόκληση υπερτροφίας μπορεί να είναι η χρησιμοποίηση ελαφρών φορτίων (35% 1ME) με γρήγορη εκτέλεση της κίνησης, αφού φαίνεται πως ο χρόνος σε τάση, η δύναμη και το έργο είναι μάλλον καθοριστικοί παράγοντες γι' αυτήν.

Στη δική μας μελέτη δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική διαφορά στο χρόνο τάσης στη μία επανάληψη, ενώ στο συνολικό χρόνο τάσης σε ολόκληρη την περίοδο της άσκησης, παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερος χρόνος υπέρ του πρωτοκόλλου  $V_{max}$  στις πιέσεις ποδιών μόνο στη σύγκεντρη φάση της κίνησης. Όσον αφορά την ισχύ και τη δύναμη το πρωτόκολλο  $V_{max}$  έχει στατιστικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα πρωτόκολλα 70% $V_{maxIO}$  και 70% $V_{max}$ . Μόνο στις πιέσεις ποδιών στη σύγκεντρη φάση στο πρωτόκολλο  $V_{max}$  και 70% $V_{maxIO}$  δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη δύναμη. Με βάση τα ανωτέρω δεδομένα, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι και με παρόμοια φορτία, τροποποιώντας μόνο την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, παρατηρούμε διαφορετικά κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά, υπέρ του πρωτοκόλλου  $V_{max}$ , στο οποίο πραγματοποιήθηκε και στατιστικά μικρότερος όγκος προπόνησης. Αυτό φαίνεται να είναι ιδανικό αφού επιτρέπει την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων συστολής για τη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης, δεδομένου ότι οι προσαρμογές που προκαλούνται

από την προπόνηση είναι περισσότερο πιθανό να συμβούν με ή κοντά στις ταχύτητες που γυμνάζεται ο αθλητής. Τέλος, με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης παρατηρήθηκαν και υψηλότερες τιμές ισχύος, κάτι που αποτελεί ένα επιπλέον ζητούμενο για κάθε προπονητή και αθλητή όσον αφορά την αθλητική απόδοση.

Αν τώρα γίνει προσπάθεια να ενσωματωθούν τα αποτελέσματα τόσο των ορμονικών ανταποκρίσεων, όσο και εκείνα των κινητικών και κινηματικών χαρακτηριστικών της κίνησης μπορεί να ειπωθεί ότι τόσο η μέγιστη όσο και η υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων μπορούν να δημιουργήσουν παρόμοιες προσαρμογές υπερτροφίας, ενεργοποιώντας διαφορετικά συστήματα ή ενδοκυτταρικούς μηχανισμούς μέσω διαφορετικών οδών στον οργανισμό. Αν ο στόχος της προπόνησης είναι η ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας όπως αυτή γίνεται από αθλητές αναψυχής, τότε θα ήταν προτιμότερο να προτιμηθεί υπομέγιστη ταχύτητα κίνησης των επαναλήψεων, αφού φαίνεται πως ευνοεί λίγο περισσότερο την έκκριση αυξητικής ορμόνης στον οργανισμό. Αν αντίθετα στόχος είναι η ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας η οποία θα βοηθήσει στην αθλητική απόδοση (π.χ. ρίψεις), τότε θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί η μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, η οποία επιτρέπει την επίτευξη μεγαλύτερων επιταχύνσεων και ταχυτήτων, κάτι το οποίο οδηγεί σε μεγαλύτερη μεταφορά των επιδράσεων της προπόνησης στις αθλητικές δραστηριότητες (Crewther et al., 2005). Έτσι η γρήγορη ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων από τη μία ευνοεί τη μεταφορά των επιδράσεων της προπόνησης στην αθλητική κίνηση, αλλά από την άλλη δημιουργεί και ένα ευνοϊκό ορμονικό περιβάλλον για την ανάπτυξη ή διατήρηση της μυϊκής υπερτροφίας στους αθλητές όπως φάνηκε στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όχι σε μέγιστο αλλά σε ικανοποιητικό βαθμό όσον αφορά στην αυξητική ορμόνη αλλά σε παρόμοιο βαθμό για την τεστοστερόνη.

Συμπερασματικά λοιπόν στην τεστοστερόνη δε διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων με βάση τις ταχύτητες που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ η κορτιζόλη ανταποκρίθηκε μόνο στην εκτέλεση με τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης ( $V_{max}$ ). Σε ότι αφορά στην αυξητική ορμόνη, παρόλο που σε όλα τα πρωτόκολλα παρατηρήθηκε αύξησή της, η εκτέλεση με υπομέγιστη ταχύτητα και με λίγο υψηλότερο όγκο προπόνησης ευνοεί την υψηλότερη έκκρισή της. Συνοψίζοντας όσον αφορά στην αθλητική απόδοση και ενσωματώνοντας τα ανωτέρω αποτελέσματα, προτείνετε οι προπονητές στο πλαίσιο του μακροχρόνιου προγραμματισμού τους, να εντάξουν τη χρησιμοποίηση μέγιστων και υπομέγιστων ταχυτήτων εκτέλεσης των επαναλήψεων. Κατά την περίοδο προετοιμασίας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης, η οποία φαίνεται να

ευνοεί λίγο καλύτερα τη μυϊκή υπερτροφία (λόγω αυξημένων εκκρίσεων αυξητικής ορμόνης), ενώ προχωρώντας προς την αγωνιστική περίοδο, η χρησιμοποίηση μέγιστων ταχυτήτων είναι εκείνη που από τη μία θα βοηθήσει στη διατήρηση της δύναμης ακόμα και αν μειωθεί ο όγκος της προπόνησης, ενώ από την άλλη η επίτευξη μεγαλύτερων επιταχύνσεων και ταχυτήτων βελτιώνει τη μυϊκή ισχύ, κάτι το οποίο είναι ζητούμενο κατά την αγωνιστική περίοδο, ενώ βοηθά στη μεταφορά των επιδράσεων της προπόνησης στην αθλητική δραστηριότητα. Τέλος σε αθλητές αναψυχής φαίνεται πως η χρησιμοποίηση υπομέγιστων ταχυτήτων, δημιουργεί το ιδανικό περιβάλλον ανάπτυξης μυϊκής υπερτροφίας από τη μία, ενώ από την άλλη ο κίνδυνος τραυματισμού από τη χρησιμοποίηση αυτών των ταχυτήτων εκτέλεσης των επαναλήψεων είναι σχεδόν ανύπαρκτος.

## VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις των ορμονών που μελετήθηκαν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές μετά την πραγματοποίηση των πρωτοκόλλων άσκησης. Αυτό έρχεται σε πλήρη ταύτιση με προηγούμενες μελέτες στις οποίες φάνηκε ότι τα πρωτόκολλα μυϊκής υπερτροφίας έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης στην κυκλοφορία.

Η ανωτέρω μελέτη ήρθε να προστεθεί σε πλήθος άλλων ερευνών και να ισχυροποιήσει περαιτέρω την άποψη ότι ο κατάλληλος σχεδιασμός της άσκησης αντιστάσεων είναι ικανός να επιφέρει ορμονικές ανταποκρίσεις που μπορούν να αυξήσουν τον αναβολισμό και κατ' επέκταση τη μυϊκή μάζα και δύναμη. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν και πρέπει να αποτελούν οδηγό σε αθλητές και μη που ασχολούνται με την ανάπτυξη της μυϊκής μάζας. Καταρτίζοντας ένα κατάλληλο πρόγραμμα, ενεργοποιείται το ενδοκρινικό σύστημα αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις των ορμονών που βοηθούν στην ανάπτυξη της μυϊκής μάζας.

Η πραγματοποίηση των πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων που εξετάστηκαν στην ανωτέρω μελέτη μας οδηγούν στα παρακάτω συμπεράσματα, τα οποία μπορεί να βοηθήσουν προπονητές και γυμναστές στη συνταγογραφία της άσκησης ανάλογα με την περίπτωση:

- Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης δεν διαφοροποιήθηκε στην κυκλοφορία κατά την εκτέλεση πρωτοκόλλων άσκησης με διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης, παρόλο που στο πρωτόκολλο 70%Vmax ο όγκος της άσκησης ήταν κατά 10,6% μεγαλύτερος σε σχέση με το πρωτόκολλο Vmax. Αυτό ίσως οφείλεται στην ύπαρξη ενός μονοπατιού ταχείας απελευθέρωσης της τεστοστερόνης (υποθάλαμος – γονάδες) μέσω των κατεχολαμινών.
- Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης παρουσίασε υψηλότερη αύξηση όταν χρησιμοποιήθηκε υπομέγιστη ταχύτητα (πρωτόκολλο 70%Vmax). Στη συγκεκριμένη περίπτωση φαίνεται ότι ο κατά 10,6% υψηλότερος όγκος που πραγματοποιήθηκε στο πρωτόκολλο 70%Vmax είχε ως αποτέλεσμα τις



υψηλότερες συγκεντρώσεις της αυξητικής ορμόνης σε αυτό το πρωτόκολλο. Έτσι παρατηρούμε ότι για την υψηλότερη συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης στην κυκλοφορία, ο όγκος της προπόνησης είναι μάλλον ο καθοριστικός παράγοντας.

- Υψηλότερες συγκεντρώσεις της κορτιζόλης παρατηρήθηκαν στο πρωτόκολλο Vmax σε σύγκριση με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα τα οποία μελετήθηκαν. Αυτό υποδεικνύει ότι γρήγορες ταχύτητες εκτέλεσης στρεσάρουν σε μεγαλύτερο βαθμό το μυϊκό σύστημα. Αυτό πιθανά οφείλετε στο γεγονός ότι κατά την εκτέλεση πολύ γρήγορων επαναλήψεων επέρχονται περισσότεροι μικροτραυματισμοί στο μυϊκό σύστημα και τοπική, χρόνια και συστηματική φλεγμονώδη κατάσταση, η οποία φαίνεται ότι τελικά ενεργοποιεί τον άξονα υποθάλαμος - υπόφυση – επινεφρίδια και την επακόλουθη γρήγορη αύξηση των συγκεντρώσεων κορτιζόλης για την επιδιόρθωση και αναδιαμόρφωση του μυϊκού ιστού.
- Σε αθλητές αναψυχής και σωματοδομής προτείνεται να γυμνάζονται με μία ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων περίπου στο 70% της μέγιστης ταχύτητας, αφού φαίνεται ότι διεγείρει με αποδοτικότερο τρόπο το ενδοκρινικό σύστημα όσον αφορά την τεστοστερόνη και αυξητική ορμόνη, ενώ δε φαίνεται να ενεργοποιεί σημαντικά τις συγκεντρώσεις κορτιζόλης στον οργανισμό.
- Στον αγωνιστικό αθλητισμό και σε αθλητές οι οποίοι προπονούνται με προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας προτείνεται ένας συνδυασμός υπομέγιστης και μέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης των επαναλήψεων, ανάλογα με την περίοδο προπόνησης στο πλαίσιο του μακροχρόνιου προγραμματισμού. Κατά την περίοδο προετοιμασίας θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιούνται υπομέγιστες ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων, ενώ στην αγωνιστική περίοδο να χρησιμοποιούν μέγιστες ταχύτητες εκτέλεσης των επαναλήψεων.

### ***Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες***

Μελλοντικές έρευνες που θα μελετήσουν την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων, θα ήταν προτιμότερο να εγκαταλείψουν τη μορφή που είχαν ως σήμερα, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες χρονικές περιόδους για την εκτέλεση των επαναλήψεων, και να χρησιμοποιήσουν τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη, ομαλοποιώντας την ταχύτητα σύμφωνα με την μέγιστη ικανότητα του ατόμου να εκτελέσει την κίνηση τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Έτσι λοιπόν θα μπορούσαν στο μέλλον να εξεταστούν οι ορμονικές ανταποκρίσεις, δείκτες του μυϊκού τραυματισμού και της φλεγμονής τόσο στην κυκλοφορία όσο και με μυϊκές βιοψίες, καθώς και άλλα κινητικά

και κινηματικά χαρακτηριστικά της κίνησης (δυνάμεις, χρόνος σε τάση, έργο, ισχύς κλπ.) μιας επανάληψης, ολόκληρου σετ ή ολόκληρης της περιόδου άσκησης χρησιμοποιώντας ταχύτητες από το 5% της μέγιστης ως τη βαλλιστική εκτέλεση της όλης προσπάθειας. Επίσης να εξεταστούν ταχύτητες σε διαφορετικές ασκήσεις των άνω και κάτω άκρων, καθώς και ολυμπιακών άρσεων. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να δοθεί μια πληρέστερη απάντηση σχετικά με το ποια είναι η πλέον κατάλληλη ταχύτητα κίνησης για να επιτύχουμε το επιθυμητό προπονητικό αποτέλεσμα.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η εξέταση για το αν όντως υφίσταται στους ανθρώπους το μονοπάτι ταχείας απελευθέρωσης της τεστοστερόνης, το υποθάλαμο-γονάδες, μέσω των κατεχολαμινών. Οι μελέτες θα πρέπει να εξετάσουν τις ορμονικές ανταποκρίσεις τεστοστερόνης και κατεχολαμινών πριν την έναρξη της άσκησης, στην ολοκλήρωση του πρώτου, δεύτερου και των υπολοίπων σετ ή 1, 2, 3, 4, 5 και περισσότερα λεπτά μετά την έναρξη της άσκησης. Με αυτό τον τρόπο θα ελεγχθεί η ύπαρξη ενός τέτοιου μηχανισμού, τότε αυτός ενεργοποιείται μετά την έναρξη της άσκησης και αν υπάρχει κάποιο κατώφλι στον όγκο και την ένταση της άσκησης το οποίο το ενεργοποιεί.

## VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence on muscle strength, size, and hormonal adaptation in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 19(3):572-582.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(5):527-543.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24:410-418.
- Anakwe, O.O. & Moger, W.H. (1984).  $\beta$ 2-Adrenergic stimulation of androgen production by cultured mouse testicular interstitial cells. *Life Science*, 35:2041-2047.
- Baechle, T.R., Earle, R.W. & Wathen, D. (2008). Resistance Training. In T.R. Baechle, R.W. Earle (Eds), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (pp 381-412), China: Human Kinetics.
- Beaven, C.M., Gill, N.D. & Cook, C.J. (2008). Salivary testosterone and cortisol responses in professional rugby players after four resistance exercise protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2) Q426-432.
- Borer, K.T. (2003). Reproductive Hormones and Exercise. In K.T. Borer, *Exercise Endocrinology* (pp 147-172), USA: Human Kinetics.

- Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., Tsarpela, O., Foti, C., Manno, R. & Tranquilli, C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology*, 70:379-386.
- Brozek J., F. Grande, J.T. Anderson, & A. Keys. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. NY Acad. Sci.*, 110: 113-140.
- Buresh, R., Berg, K. & French, J. (2009). The effects of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength and hypertrophy with training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1): 62-71.
- Cadore, E.L., Lhullier, F.L.R., Bretano, M.A., DaSilva, E.M., Ambrosini, M.B., Spinelli, R., Silva, R.F. & Krueel, L.F.M. (2008). Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5):1617-1624.
- Crewther, B., Cronin, J. & Keogh, J. (2005). Possible stimuli for strength and power adaptations. Acute mechanical responses. *Sports Medicine*, 35(11):967-989.
- Crewther, B., Cronin, J. & Keogh, J. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptations. Acute metabolic responses. *Sports Medicine*, 36(1):65-78.
- Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J. & Cook, C. (2008). The salivary testosterone and cortisol response to three loading schemes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1):250-255.
- Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J. & Cook, C. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation. Acute hormonal responses. *Sports Medicine*, 36(3):215-238.
- Crewther, B.T., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R.P. & Lowe, T. (2011). Two emerging concepts for elite athletes. The short-term effects of testosterone and cortisol on the neuromuscular system and the dose response training role of these endogenous hormones. *Sports Medicine*, 41(2):103-123.

- Durand, R.J., Castracane, V.D., Hollander, D.B., Tryniecki, J.L., Bamman, M.M., O'Neal, S., Hebert, E.P. & Kraemer, R.R. (2003). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6):937-943.
- Farthing, J. P. & Chilibeck, P.D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 578 – 586.
- Godfrey, R.J., Madgwick, Z., & Whyte, G.P. (2003). The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Medicine*, 33(8):599-613.
- Goto, K., Takahashi, K., Yamamoto, M. & Takamatsu, K. (2008). Hormone and recovery responses to resistance exercise with slow movement. *The Journal of Physiological Sciences*, 58(1), 7 – 14.
- Gotshalk, L.A., Loebel, C.C., Nindl, B.C., Putukian, M., Sebastianelli, W.J., Newton, R.U., Hakkinen, K. & Kraemer, W.J. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(3):244-255.
- Graig, B.W., Lucas, J., Pohlman, R. & Stelling, H. (1991). The effects of running weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *Journal of Applied Science Research*, 5(4):198-203.
- Hakkinen, K. & Pakarinen, A. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heave-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology*, 74(2):882-887.
- Hakkinen, K. & Pakarinen, A. (1995). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International Journal of Sports Medicine*, 16(8):507-513.

- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1998). Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European Journal of Applied Physiology*, 77:312-319.
- Hammes, A., Andreassen, T.K., Spoelgen, R., Raila, J., Hubner, N., Schulz, H., Metzger, J., Schweigert, J., Lupp, P.B., Nykjaer, A. & Willnow, T.E. (2005). Role of Endocytosis in Cellular Uptake of Sex Steroids. *Cell*, 122: 751-762.
- Hansen, S., Kvorning, T., Kjaer, M. & Sjogaard, G. (2001). The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 11(6):347-354.
- Hatfield, D.L., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Hakkinen, K., Volek, J.S., Shimano, T., Spreuwenberg, L.P.B., Silvestre, R., Vingren, J.L., Fragala, M.S., Gomez, A.L., Fleck, S.J., Newton, R.U. & Maresh, C.M. (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 760-766.
- Headley, S.A., Henry, K., Nindl, B.C., Thompson, B.A., Kraemer, W.J. & Jones, M.T. (2010). Effects of lifting tempo on 1 repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 0(0), 1 – 8.
- Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Ross, R., Shanklin, M., Kang, J. & Faigenbaum, A.D. (2008). Effect of a pre-exercise energy supplement on the acute hormonal response to resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3):874-882.
- Hunter, G.R., Seelhorst, D. & Snyder S. (2003). Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1),76-81.

- Izquierdo, M., Ibanez, J., Calbet, J.A.L., Navarro-Amezqueta, I., Gonzalez-Izal, M., Idoate, F., Hakkinen, K., Kraemer, W.J., Palacios-Sarrasqueta, M., Almar, M. & Gorostiaga, E. M., (2009). Cytokine and hormone responses to resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 107: 397-409.
- Jackson, A.S. & Pollock, M.L. (1978). Generalized equations for predicting body density in men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.
- James, P., Rivier, C. & Lee, S. (2008). Presence of corticotrophin releasing factor and/or tyrosine hydroxylase in cells of a neural brain-testicular pathway that are labeled by a transglutaminase tracer. *Journal of Neuroendocrinology*, 20:173-181.
- Jensen, J., Oftebro, H., Breigan, B., Johnsson, A., Ohlin, K., Meen, H.D., Stromme, S.B. & Dahl, H.A. (1991). Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. *European Journal of Applied Physiology*, 63:467-471.
- Kanehisa, H. & Miyashita, M. (1983). Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 104 – 106.
- Keeler, L.K., Finkelstein, L.H., Miller, W. & Fernhall, B. (2001). Early-phase adaptations of traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 309-314.
- Komi, P.V. (2003). *Strength and Power in Sport*, UK: Blackwell Publishing.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35(4):339-361.
- Kraemer, W.J. & Rogol, A.D. (2006). *The endocrine system in sports and exercise*, UK: Blackwell Publishing.

- Kraemer, W.J., Aguilera, B.A., Terada, M., Newton, R.U., Lynch, J.M., Rosendaal, G., McBride, J.M., Gordon, S.E. & Hakkinen, K. (1995). Responses of IGF-I to endogenous increases in growth hormone after heavy-resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 79(4):1310-1315.
- Kraemer, W.J., Clemson, A., Triplett, N.T., Bush, J.A., Newton, R.U. & Lynch, J.M. (1996). The effects of plasma cortisol elevation on total and differential leukocyte counts in response to heavy-resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 73:93-97.
- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L.J., Gordon, S.E., Mello, R., Frykman, P.N., Koziris, L.P. & Triplett, N.T. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal of Applied Physiology*, 75(2):594-604.
- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Maresh, C.M., Ratamess, N.A., Gordon, S.E., Goetz, K.L., Harman, E.A., Frykman, P.N., Volek, J.S., Mazzetti, S.A., Fry, A.C., Marchitelli, L.J. & Patton, J.F. (1999). Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(4):524-537.
- Kraemer, W.J., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Marchitelli, L.J., Mello, R., Dziados, J.E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. & Fry, A.C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 12: 228-235.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R., McCormick, M., Nindl, B.C., Volek, J.S., Gotshalk, L.A., Fleck, S.J., Campell, W.W., Gordon, S.E., Farrell, P.A. & Evans, W.J. (1998). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *European Journal of Applied Physiology*, 77:206-211.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R.U., Nindl, B.C., Volek, J.S., McCormick, M., Gotshalk, L.A., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Campbell, W.W., Putukian, M. & Evans,



W.J. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of Applied Physiology*, 87(3):982-992.

Kraemer, W.J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D. & Fleck, S.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4):1442-1450.

Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4): 674-688.

Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., Volek, J.S., Hakkinen, K., Rubin, M.R., French, D.N., Gomez, A.L., McGuigan, M.R., Scheett, T.P., Newton, R.U., Spiering, B.A., Izquierdo, M. & Dioguardi, F.S. (2006). The effects of amino acid supplementation on hormonal responses to resistance training overreaching. *Metabolism Clinical and Experimental*, 55:282-292.

Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Ratamess, N.A., Sharman, W.J., Rubin, M.R., French, D.N., Silvestre, R., Hatfield, D.L., Van Heest, J.L., Vingren, J.L., Judelson, D.A., Deschenes, M.R. & Maresh, C.M. (2006). Androgenic responses to resistance exercise: Effects of feeding and L-Carnitine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(7):1288-1296.

Kraemer, W.J., Staron, R.S., Hagerman, F.C., Higida, R.S., Fry, A.S., Gordon, S.E., Nindl, B.C., Gothshalk, L.A., Volek, J.S., Marx, J.O., Newton, R.U. & Hakkinen, K. (1998). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 78:69-76.

Kraemer, W.J., Volek, J.S., Bush, J.A., Putukian, M. & Sebastianelli, W.J. (1998). Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 85(4):1544-1555.

- Linnamo, V., Pakarinen, A., Komi, P.V., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (2005). Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3):566-571.
- McCall, G.E., Byrnes, W.C., Fleck, S.J., Dickinson, A. & Kraemer, W.J. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(1)Q96-107.
- McCaulley, G.O., McBride, J.M., Cormie, P., Hudson, M.B., Nuzzo, J.L., Quindry, J.C. & Triplett, N.T. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 105:695-704.
- McDougall, J.D. (2003). Hypertrophy and Hyperplasia. In P.V. Komi (ed.) *Strength and Power in Sports* (pp 252-261), Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- McGuigan, M.R., Egan, A.D. & Foster, C. (2004). Salivary cortisol responses and perceived exertion during high intensity and low intensity bouts of resistance exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3:8-15.
- Mohamad, N.I., Cronin, H.B & Nosaka, K.K. (2012). Difference in kinematics and kinetics between high- and low-velocity resistance loading equated by volume: Implications for hypertrophy training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1):269-275.
- Morrissey, M.C., Harman, E.A., Frykman, P.N. & Han, K.M. (1998). Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. *The American Journal of sports Medicine*, 26(2), 221 – 230.
- Munn, J., Herbert, R.D., Hancock, M.J. & Gandevia, S.C. (2005). Resistance training for strength: Effect of number of sets and contraction speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(9), 1622-1626.

- Neils, C.M., Undermann, B.E., Brice, G.A., Winchester, J.B. & McGuigan, M.R. (2005). Influence of contraction velocity in untrained individuals over the initial early phase of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 883-887.
- Nogueira, W., Gentil, P., Mello, S.N., Oliveira, R.J., Bezerra, A.J. & Bottaro, M. (2009). Effects of power training on muscle thickness of older men. *International Journal of Sport Medicine*, 30, 200-204.
- Pereira, M.I.R. & Gomes, P.S.C. (2003). Movement Velocity in Resistance Training. *Sports Medicine*, 33(6), 427-438.
- Rahimi, R., Qaderi, M., Faraji, H. & Boroujerdi, S.S (2010). Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7):1851-1859.
- Ratamess, N.A., Alvar, B.A., Evetoch, T.K., Housh, T.J., Kibler, W.B., Kraemer, W.J. & Triplett, N.T. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. Position Stand. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2):364-380.
- Ratamess, N.A., Kraemer, W.J., Volek, J.S., Maresh, C.M., VanHeest, J.L., Sharman, M.J., Rubin, M.R., French, D.N., Vesconi, J.D., Silvestre, R., Hatfield, D.L., Fleck, S.J. & Deschenes, M.R. (2005). Androgen receptor content following heavy resistance exercise in men. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 93:35-42.
- Rønnestad, B.R., Nygaard, H. & Raastad, T. (2011). Physiological elevation of endogenous hormones result in superior strength training adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 111:2249-2259.
- Sakamoto, A. & Sinclair, P.J. (2006). Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 523-537.

- Sapolsky, R.M., Romero, L.M. & Munck, A.U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocrine Reviews*, 21(1):55-89.
- Schoenfeld, B.J. (2010). The mechanisms of muscle Hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10):2857-2872.
- Selavage, D.J. & Rivier, C. (2003). Importance of the paraventricular nucleus of the hypothalamus as a component of a neural pathway between the brain and the testes that modulates testosterone secretion independently of the pituitary. *Endocrinology*, 144(2):594-598.
- Selvage, D.J., Lee, S.Y., Parsons, L.H., Seo, D.O. & Rivier, C.L. (2004). A hypothalamic-testicular neural pathway is influenced by brain catecholamines, but not testicular blood flow. *Endocrinology*, 145(4):1750-1759.
- Shepstone, T.N., Tang, J.E., Dallaire, S., Schuenke, M.D., Staron, R.S. & Phillips, S.M. (2005). Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1768 – 1776.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M. & Tokmakidis, S.P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4):644-654.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M., Parlavantzas, A. & Tokmakidis, S.P. (2007). Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males. *International Journal of Sports Medicine*, 28(5):401-406.
- Smith, L.L. (2000). Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2):317-331.

- Tarpening, K.M., Wiswell, R.A., Hawkins, S.A. & Marcell, T.J. (2001). Influence of weight training exercise and modification of hormonal response on skeletal muscle growth. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(4): 431-446.
- Taylor, J.M., Thompson, H.S., Clarkson, P.M., Miles, P. & DeSouza, M.J. (2000). Growth hormone response to an acute bout of resistance exercise in weight-trained and non-weight trained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(2):220-227.
- Thompson, W.R., Gordon, N.F. & Pescatello, L.S. (2010). Health-Related physical fitness testing and interpretation. In *ACSM's Guidelines of Exercise Testing and Prescriptions* (pp. 60-102), Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Toigo, M. & Boutellier (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97:643-663.
- Trembley, M.S., Copeland, J.L. & Van Helder, W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology*, 96:531-539.
- Uchida, M.C., Crewther, B.T., Ugrinowitsch, C., Bacurau, R.F.P., Moriscot, A.S. & Aoki, M.S. (2009). Hormonal responses to different resistance exercise schemes of similar total volume. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7):2003-2008.
- Vanhelder, W.P., Radomski, M.W., Goode, R.,C. & Casey, K. (1985). Hormonal and metabolic response to three types of exercise of equal duration and external work output. *European Journal of Applied Physiology*, 54:337-342.
- Vingren, J.L., Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., Anderson, J.M., Volek, J.S. & Maresh, C.M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training. The up-stream regulatory elements. *Sports Medicine*, 40(12):1037-1053.

Williams, A.G., Ismail, A.N., Sharma, A. & Jones, D.A. (2002). Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *European Journal of Applied Physiology*, 75(2):404-407.

Zafeiridis, A., Smilios, I., Considine, R.V. & Tokmakidis, S.P. (2003). Serum leptin responses after acute resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 94:591-597.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### Α. ΕΝΤΥΠΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

#### ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :  Α/Α :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:

ΥΨΟΣ:

ΒΑΡΟΣ:

ΕΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ:

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ:

ΥΨΟΣ ΜΕ ΑΝΑΤΑΣΗ ΧΕΡΙΟΥ:

ΘΕΣΗ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ:

SQUAT	
10 RM	<input type="text"/>
ΓΩΝΙΑ	<input type="text"/>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	<input type="text"/>

LEG PRESS	
10 RM	<input type="text"/>
ΓΩΝΙΑ	<input type="text"/>

#### ΣΥΝΘΗΚΗ Γ'

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

Α/Α :

Mean Max Power Squat

Mean Max Power Leg Press

70% Mean Max Power Squat

67% Mean Max Power Leg Press

SQUAT (10RM kg)		
ΣΕΤ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
1	8	<input type="text"/>
2	8	<input type="text"/>
3	8	<input type="text"/>
4	8	<input type="text"/>

LEG PRESS (10RM kg)		
ΣΕΤ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
1	8	<input type="text"/>
2	8	<input type="text"/>
3	8	<input type="text"/>
4	8	<input type="text"/>

ΔΗΨΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΙΜΑΤΟΣ		
ΣΗΜΕΙΟ	ΩΡΑ	ΑΙΜΑΤΟΚΡΙΤΗΣ
PRE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
POST 0'	<input type="text"/>	<input type="text"/>
POST 20'	<input type="text"/>	<input type="text"/>
POST 40'	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## ΣΥΝΘΗΚΗ Δ΄

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

Α/Α :

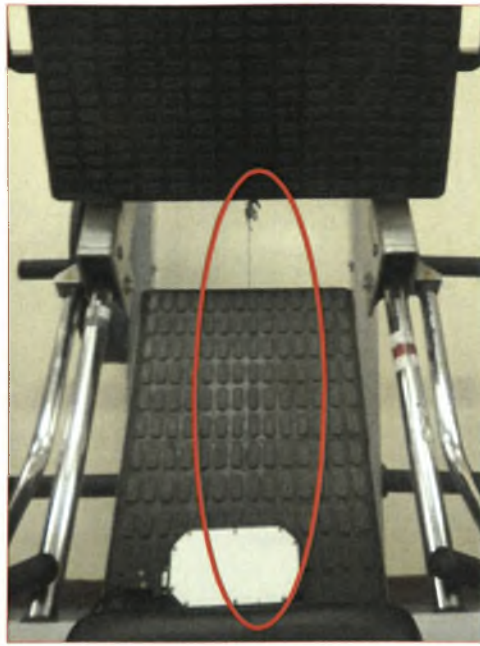
ΔΗΨΗ ΔΕ ΠΙΜΑΤΩΝ ΑΙΜΑΤΟΣ			
ΣΗΜΕΙΟ	ΩΡΑ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΑΙΜΑΤΟΚΡΙΤΗΣ
PRE			
POST 0'			
POST 20'			
POST 40'			



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**  
**ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ**



**Εικόνα 1:** Το σύστημα MuscleLab



**Εικόνα 2:** Προσαρμογή του MuscleLab στο μηχάνημα πιέσεων ποδιών



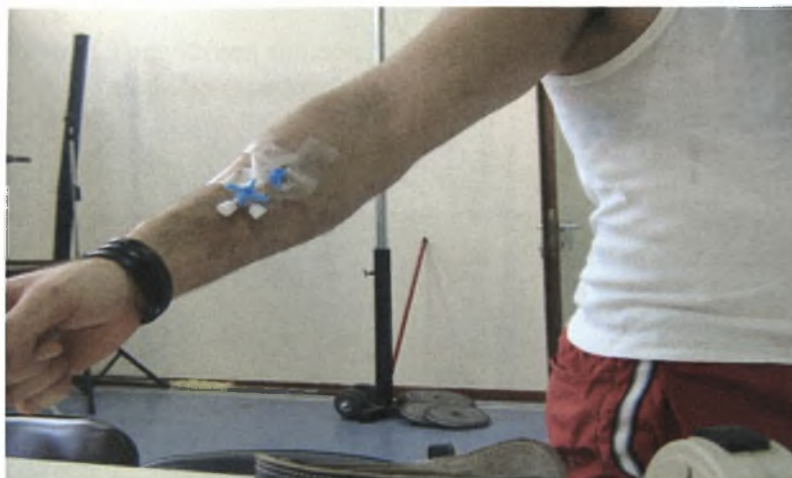
**Εικόνα 3.3:** Προσαρμογή του κωδικοποιητή στη μπάρα.



**Εικόνα 4:** Η άσκηση κάθισμα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων



**Εικόνα 5:** Η άσκηση πιέσεις ποδιών κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



**Εικόνα 6:** Ο καθετήρας τριαύλου (three-way) τοποθετημένος στο χέρι αξιολογούμενου.



**Εικόνα 7:** Ειδικό φιαλίδιο έτοιμο για φυγοκέντριση



**Εικόνα 8:** Τοποθέτηση του ορού σε ειδικά κωδικοποιημένα φιαλίδια (ependorfs)



**Εικόνα 9:** Η ψυχόμενη φυγόκεντρος